

【研究ノート】

商品先物取引研究の潮流(3)：2011-2014 年

小 山 良

The Tidal Current of the Commodity Futures Trading Studies(3)：2011-2014

KOYAMA, Ryo

Abstract

This article is the 3rd version of the tide series of the commodity futures researches. The research areas in the 2010s spread substantially compared with two past researches and the insights became deeper than them, too. In this article, we emphasized the subthemes of ① hedging, ② price discovery, ③ market efficiency, ④ volatility, ⑤ bases, ⑥ market relation and prices relation, ⑦ market structures and market participants, and ⑧ the attributes, responsiveness, and influences of the futures markets, and we think above-mentioned ①-③ are basic and ④-⑧ suggest the expansion of the range of the commodity futures researches. In any cases, these research areas are estimated to do further development for the future.

Key Words

regime switching, volatility spillover, investor structure, demutualization, convenience yield

キーワード

レジーム・スイッチング, ボラティリティ・スピルオーバー, 投資家構成, 株式会社化, コンビニエンス・イールド

目 次

- I はじめに
- II 論文紹介

- III 検討
- IV おわりに

I はじめに

本稿は、シリーズ・テーマ「商品先物取引研究の潮流」の第3弾であるが、今回の研究対象は内容が充実したものが多く、多岐に渡っており、分量が多いので、本稿では、期間を2011-2014年と1年短縮、サブテーマも、ヘッジング、価格発見、市場効率性、ボラティリティー、ベース、市場間関係・価格関係、市場構造・市場参加者、先物価格の属性・感応性・影響力の8つとした。それぞれに、示唆に富んだ研究が多く、なるべく多くを紹介、取り扱ったが、紙幅の関係もあり、次節で、論文紹介を行い、第3節で、関連論文を付加して若干の考察を進めてみることにした。繰り返すが、触れられなかった、取り上げられなかった論文はあまりに多い。それはまた、次の機会に委ねたい。

II 論文紹介

1. 株式指数ヘッジングのためのマルコフ・レジーム・スイッチング ARMA アプローチ

リーマンショックに代表されるように、最近のヘッジング研究では、最適ヘッジ比率の推定に、突然のショックを付加するモデル構築が行われており、そのモデルを総称してレジーム・スイッチング・モデルと呼ぶことが多い。Chen and Tsay (2011) は、比較的分かりやすい論文であり、以下、当該論文を紹介する (Chen and Tsay, 2011, pp.166-169)。

先物市場は、株価指数先物契約を売ることによってポートフォリオマネジャーが彼らのリスク度をヘッジすることを可能にする。ヘッジ比率（すなわち、売りヘッジヤーが価格リスクを受け入れる原資産単位に関して売る先物契約数）の決定に、ヘッジングの重大問題が集中している。Ederington (1979) と Figlewski (1984) における結果に基づいて、最小分散ヘッジ比率 β は、先物価格変化の分散に対する現物と先物価格間の無条件共分散の比率に等しい：

$$\beta = \text{Cov}(\Delta S_t, \Delta F_t) / \text{Var}(\Delta F_t)$$

ここで、 ΔS_t と ΔF_t はそれぞれ、現物と先物価格の時点 t での価格変化を示す。

すなわち、一定のヘッジ比率は以下の回帰によって推定することができる：

$$\Delta S_t = \mu + \beta \Delta F_t + u_t$$

上式はヒストリカルな現物のリターンと先物リターンに基づき、 ΔS_t と ΔF_t が経時変化する分布に従うことはよく知られているので、Cecchetti, Cumby, and Figlewski (1988) および Kroner and Sultan (1993) は、ヘッジ比率もまた経時変化するだろうことを示唆する。この観点は、Park and Switzer (1995), Gagnon and Lypny (1995) および Kavussanos and Nomikos (2000) など、経時変化するヘッジ比率を計算するために多くの研究者が多変量一般化自己回帰条件付き異分散 (GARCH) モデルを用いることを促すことになった。

ここで重要なこととして、経時変化するヘッジ比率を評価する別の方法の出現であり、 ΔS_t と

ΔF_t 間の関係はレジーム依存であるマルコフ・レジーム・スイッチング(MRS)モデルを通じたものであるとするものである。Sarno and Valente (2000) は、ヘッジ分析のための MRS モデル使用の背後にある論理的根拠を説明し、現物と先物リターン間のレジーム・スイッチング関係を FTSE-100 や S&P-500 株価指数先物契約の両方において見出している。Chen and Tsay (2011) は、自己相関とレジーム・スイッチング行動を実証的なヘッジングモデルに組み入れることによって、株式指数先物契約のヘッジ有効性を高めるために、MRS-ARMA モデルを適用する。そして、1つの潜在的な拡張は、自己相関、レジーム・スイッチング行動、および GARCH プロパティを1つの実証的ヘッジングモデルに組み入れたことである。

2. トウモロコシと原油先物におけるボラティリティー・スピルオーバー効果とクロス・ヘッジング

米国のバイオ燃料生産は、バイオ燃料をより費用効果の高いものに行っている。つまり、高いエネルギー価格とエネルギー需要に関して、原油の輸入依存を減らすように企図された米国政府の政策によるものであり、急速な拡大を経験した (Tyner, 2008)。化石燃料をバイオ燃料に代替することもまた、いくらかの人々によっては、エネルギー保障の他に、少なくとも部分的に気候変動問題に対処する可能性を有すると見られている。バイオ燃料生産、特にトウモロコシベースのエタノールの生産における拡大は、トウモロコシと原油の市場をより結びつけ、原油市場からトウモロコシ市場へのボラティリティー・スピルオーバーを引き起こした可能性が高い。

Zulauf and Roberts (2008) は、1989 年から 2007 年のトウモロコシのヒストリカルおよび予想ボラティリティーを測定し、この期間にトウモロコシ価格のボラティリティーが大幅に拡大したことを発見した。トウモロコシ価格のボラティリティーの増大はおそらく、より高い作物保険料、より高いオプションプレミアムやヘッジ・コストなど、リスク管理に関してより莫大なコストを結果として生じさせるだろう。従って、バイオ燃料生産を考慮する時、トウモロコシ市場参加者のための適切なリスクマネジメント戦略の情報提供および開発に関して、これらの新しいボラティリティー関係を理解することは極めて重要である。

ボラティリテースピルオーバーは、金融の研究において広く調べられてきた (Baele, 2005; Bekaert and Harvey, 1997; Bekaert, Harvey, and Lumsdaine, 2002; Christiansen, 2007; Ng, 2000)。多くは、個々の株式あるいは債券リターンに対するショックを3つの主成分に分離するものである: つまり、ローカル、地域、グローバルである。例えば、Ng (2000) は、太平洋海域 (the Pacific-Basin) での株式市場のリターン・ボラティリティーの源泉を分析し、世界および地域的市場からの伝達を発見している。しかし、ボラティリテースピルオーバー効果はめったに商品間では研究されておらず、この研究を推し進めることは商品価格ボラティリティーの性質に対する興味深い洞察と様々な市場間での関係を提供するかもしれない。

特に、原油市場からトウモロコシ市場へのボラティリテースピルオーバーの発生は、バイオ燃料生産の成長を与えられてますます重要な問題になった。Wu, Guan and Myers (2011) は、

トウモロコシ価格におけるボラティリティーが原油市場からの外部ショックによって影響を受ける範囲に特別な注意を払って、原油価格からトウモロコシ価格へのボラティリテースピルオーバー効果を調査している。より具体的には、Wu, Guan and Myers (2011) はボラティリテースピルオーバーモデルを構築し、トウモロコシの現物と先物価格への原油先物価格からのショックの効果を調査する。

Wu, Guan and Myers (2011) は、3つのモデル仕様をもって、スピルオーバー効果に関して異なる仮定を置いたパラメータを比較している：①コンスタントなスピルオーバーモデルでのコンスタントなスピルオーバーパラメータ；②2005年のエネルギー政策法の導入前後での異なるイベントスピルオーバーモデルの中のスピルオーバーパラメータ；そして、③ガソリン消費にエタノール燃料消費が加わることによる経時変化する代替スピルオーバーにおけるスピルオーバーパラメータモデルである。

「コンスタントなスピルオーバーモデル」は統計的にトウモロコシ現物と先物価格への同様な効果によって原油価格からトウモロコシ価格への重要なボラティリテースピルオーバーを明らかにする。「イベントスピルオーバーモデル」は、スピルオーバー強度が2005年のエネルギー政策法以来かなり増大していることを示している。「代替スピルオーバーモデル」の中で、Wu, Guan and Myers (2011) はさらに、トウモロコシ価格ボラティリティーに関して代替燃料のインパクトを調査し、ボラティリティーにおいて、原油市場からトウモロコシ市場へのボラティリティー伝播が増大する重大なエタノールガソリン消費比率を推定する。

原油とトウモロコシ市場間の強いリンクの証拠を所与として、Wu, Guan and Myers (2011) はさらに、トウモロコシ市場参加者にヘッジ成果の改善を提供するかどうかを決定する新しいクロス・ヘッジング戦略を調査する。このクロス・ヘッジング戦略は、トウモロコシ現物、トウモロコシ先物、および原油先物のポートフォリオを可能にする。多くの先行研究は、トウモロコシ先物を用いて最適ヘッジ戦略に集中した（例えば、Baillie and Myers, 1991; Moschini and Myers, 2002; Myers, 1991）。しかし、これらの先行研究は、トウモロコシ現物ポジションを、ボラティリテースピルオーバーを考慮するより広いポートフォリオにおいてトウモロコシと原油先物の両方を同時に用いてヘッジを行う可能性（方法）については考慮していない。Wu, Guan and Myers (2011) は、クロス・ヘッジング戦略の成果をトウモロコシ先物のみを用いる従来のヘッジング戦略のそれと比較する。この比較研究は、バイオ燃料生産増大の時代に、トウモロコシ先物だけでトウモロコシ市場参加者にとって効果的なリスクマネジメントを提供し続けることができるかどうかに光を当てるものである。

3. 株式指数先物における価格発見と投資家構成

株価指数先物と現物取引市場における価格発見に関する過去の先行研究は、さまざまな投資家グループの役割を無視している。Bohl, Salm, and Schuppli (2011) は、先物市場における経時的な投資家構造の変化に経時変化する現物・先物リンクを関連させる。実証分析結果は、十分な知

識をもたない個人投資家の参加が多い時、先物市場が価格発見に寄与していないことを示唆する。対照的に、出来高における機関投資家のシェアが増大する時、先物から現物取引市場への情報流の証拠と両市場における条件付き相関関係の著しい増大がある。その意味で, Bohl, Salm, and Schuppli (2011) は新たな先物市場デザインのインプリケーションを導出している。

株価指数先物取引の導入以降、広範な研究が、指数先物取引は価格発見において原資産株式市場の効率性に寄与しているか否かの問題に向けられてきた。摩擦がない市場の下では、新しい情報は先物と現物価格の中に同時に反映されるだろう。しかし、現実において、先物市場は、それ固有のレバレッジ、低い取引費用、および理論上「売り」に限界がないことにより、現物取引市場よりも効率的に市場全体の情報を含むだろう。成熟した先物市場を観察した多くの研究が、株価指数先物が一般に、現物市場をリードし、価格発見の大部分は先物市場で生じることを示唆すると確認している。例えば米国 (Chou and Chung, 2006; Hasbrouck, 2003; Koutmos and Tucker, 1996; Pizzi, Economopoulos, and O'Neill, 1998; Stoll and Whaley, 1990; Wahab and Lashgari, 1993), 英国 (Tse, 1999; Brooks, Rew, and Ritson, 2001), 日本 (Covrig, Ding, and Low, 2004; Iihara, Kato, and Tokunaga, 1996), あるいはドイツ (Booth, So, and Tse, 1999; Gaul and Theissen, 2008) で、それは確認されている。

しかしながら、これまでの研究において調査された先物市場はそれらの投資家構造の観点からかなり均質であることに注意することが重要である。歴史的に言えば、発展した金融市場における先物取引は、1980年代初期の機関投資家(参加)の増大と同時に発生した。従って、過去の先行研究における先物市場は一般に機関投資家によって支配されている。ファイナンス研究において、組織(機関)は通常、博識で合理的な投資家であると推定されるのに対して、個人は十分な知識をもたないとみなされるか、感傷と行動のバイアスをもつ存在とされる。

機関投資家および個人投資家による取引に関する多くの実証的研究はこの見解を裏付けている。制限された情報処理能力の故に、個人は、注意を引くようなイベントに基づいて株を選ぶようである (Barber and Odean, 2008; Seasholes and Wu, 2007)。さらに、個人投資家は行動のバイアスに陥りやすい。例えば、彼らは気質効果や過信を表すかもしれない (Dhar and Zhu, 2006; Kim and Nofsinger, 2007; Odean, 1998)。彼らはまた、あまのじゃく的に行動し、キャッシュフローニュースに鈍い反応しか示さないかもしれない (Cohen, Gompers, and Vuolteenaho, 2002; Grinblatt and Keloharju, 2000)。彼らの意思決定は感傷主導なので、個人はミューチュアルファンドに投資する時に「ばかなお金」(dumb money)として作用し (Frazzini and Lamont, 2008), それ故、成果をもたらさない株を買う結果となる (Hvidkjaer, 2008)。従って、より習熟した機関投資家との取引からは、彼らは(常に)敗者である (Barber, Lee, Liu, and Odean, 2009; Grinblatt and Keloharju, 2000)。

組織が個人より情報に通じているという考えと一致して、Nofsinger and Sias (1999) は機関所有の増加とその後のリターン間に正の関係を見つけている。同じ調子で、多くの研究は、個人投資家の取引に比べて機関投資家に関してより高い情報内容を見出している (Ahn, Kang, and

Ryu, 2008; Boehmer, Jones, and Zhang, 2008; Chakravarty, 2001)。実証的研究はまた、個人投資家は、機関集団化やトレンド追いが特徴であり、そのような行動には合理的な説明がある(例えば, Badrinath and Wahal, 2002; Nofsinger and Sias, 1999; Sias, 2004)。フィードバック(後追い)取引あるいは集団化は、ノイズトレーダーを有するバンドワゴンからの合理的なジャンピング(De Long, Shleifer, Summers, and Waldmann, 1990)あるいは情報のカスケード(階段流)における他のトレーダーの行動からの推定情報(Bikhchandani, Hirshleifer, and Welch, 1992; Sias, 2004)に起因するかもしれない。

要するに、両投資家グループの特徴に関する実証的証拠は、機関投資家が合理的であり、個人より情報に通じ、取引に習熟していることを示唆する。これらの発見を考慮して, Bohl, Salm and Schuppli (2011) は、先物市場での価格発見の長年の証拠が投資家構造に関して頑健であるかどうかを調査する。より具体的に, Bohl, Salm and Schuppli (2011) は、先物市場でたぶん習熟していない個人投資家の数における優越が先物取引の情報寄与を害するか否かを調査する。習熟していない投資家が市場取引を行うならば、これは価格シグナルの品質を落とし、価格の情報内容を下げるかもしれない。この設定において、先物市場がその価格発見機能を遂行しない危険性もある。

様々なグループの投資家の重要性は、金融研究の様々なエリアで長く認められてきた。例えば, Boehmer and Kelley (2009) は、個々の NYSE 上場株の取引価格の情報効率性が機関投資家によって増大することを示している。さらに、過去の研究は、個人の取引行動対機関投資家における日次株リターンにおける季節性と関連させている(Chan, Leung, and Wang, 2004; Lakonishok and Maberly, 1990)。Gompers and Metrick (2001) や Phalippou (2008) の貢献は、規模および価値効果のような横断的なリターン・アノマリー(=法則や理論からみて、異常であるか説明できない事象)の説明において、機関投資家の役割を強調している。先物取引に関する最近の研究は投資家構造と行動バイアスに関連した新興市場の特殊性に注目してはいるが、この問題の「価格発見」次元はこれまで無視されてきた。

Bohl, Salm and Schuppli (2011) は、ポーランドの WIG 20 指数先物市場の場合におけるこの問題を調査するが、それはユニークな投資家構成を提供している。原資産市場では外国と国内の機関投資家が常に現物出来高の3分の2を占める一方、先物市場は国内の個人投資家によって支配されている。これらのたぶんに習熟していない投資家は1998年と2004年の間、先物取引の年間出来高の75-80%を占めていた。しかし、2004年秋のミューチュアルファンド規則の変更は、機関投資家による株価指数先物取引のかなりの増加を引き起こして、その結果、個人投資家のシェアは2008年に53%にまで下がった。先物市場の投資家構造におけるこのシフトは, Bohl, Salm and Schuppli (2011) が価格発見に関する実証的証拠を様々な投資家グループの市場占有率変化と関係づけることを可能にした。実証的調査方法として, Bohl, Salm and Schuppli (2011) はサンプル全体を個人投資家優位のサブ期間(1998年-2004年)と機関投資家増加のサブ期間(2005年-2009年)に分割して、考察を進めている。

Bohl, Salm and Schuppli (2011) の実証的調査は、2つの市場でのリターン、ボラティリティの伝達および相関関係に関して、リード・アンド・ラグ関係を分析している。Bohl, Salm and Schuppli (2011) は、先物市場で習熟していない個人投資家優越の下では、価格発見が主に現物取引市場（＝外国と国内の機関投資家によって支配されている）に存在すると見出す。対照的に、後の方のサブ期間での先物市場への機関投資家の強まりつつある影響は、誤差修正とボラティリティの流出で先物から現物価格への情報の流れの強度に一致する。さらに、先物と現物のリターンの相関関係のレベルは機関取引における増大後に有意により高い。

株価指数先物を導入するかどうかの決定に直面している新興市場のレギュレーターの観点からすれば、これらの発見は興味深いだろう。Bohl, Salm and Schuppli (2011) の結果は、先物取引から期待される効率性の増大が、市場参加者の習熟度次第で決まることを示している。情報と高い習熟度を有する機関投資家が先物契約売買を可能にすることは、この市場から明らかになっている価格シグナルの品質を高めるだろう。これは、先物取引が要求された価格発見機能を実行することを可能にするだろう。

4. 満期が異なる先物間の市場効率性：原油先物市場からの証拠

多くの研究が現物と先物価格の市場効率性を調査しているが、異なる満期をもつ先物間の市場効率性はあまり広く研究されていない。Kawamoto and Hamori (2011) において、そのような先物間の市場効率性と不偏性が定義され、「 n 月満期の一貫して効率的な（または一貫して効率的で、公正な）市場」の概念が導入される。この定義によって、異なる満期をもつ WTI（ウェストテキサスインターメディアエイト＝米国指標原油）先物間の市場効率性と不偏性が共分析を用いて実証されている。結果は、「WTI 先物は8ヶ月先満期で一貫して効率的で、2ヶ月先満期で一貫して効率的でかつ不偏である」ことが示される。

Fama (1970) の効率的市場仮説に基づけば、効率的な先物市場は、売買された先物の価格がすべての入手可能な情報を反映するものとされる。より具体的に、Roberts (1967) および Fama (1970) は、市場効率性を3つのカテゴリーに分類することを提案した：ウィーク型効率性、セミ・ストロング型効率性、およびストロング型効率性である。ウィーク型効率性は、すべての過去の価格情報が今日の価格に反映されていることを示す。セミ・ストロング型効率性は、すべての公開情報が現行価格の中に盛り込まれていることを示唆する。ストロング型効率性は、市場のすべての情報が、公的であるか、秘密であるかどうかにかかわらず、すべてが価格において反映されることを示す。Kawamoto and Hamori (2011) は、経験的に石油先物市場に関してウィーク型効率性を分析している。市場参加者の合理性とリスク中立が効率的市場仮説に加えて仮定されるならば、先物価格は以下の式に例示するように現物価格の期待値に等しいだろう：

$$F_t = E[S_{t+1} | I_t] \quad (1)$$

ここで、 F_t は、時点 $(t+1)$ で満期となる先物契約の時点 t での価格を示す； S_{t+1} は、時点 $(t+1)$ での現物価格；そして I_t は、時点 t での入手可能な価格情報である。しかし、現実におい

て、市場参加者は必ずしもリスクニュートラルではなく、従って、市場はリスクプレミアムをもっている。従って、式(2)は、次の通りリスクプレミアムを式(1)に追加する：

$$F_t = E[S_{t+1} | I_t] + v_t \quad (2)$$

ここで、 v_t はリスクプレミアムを示し、定常であると仮定される。それまでのほとんどの研究は、式(1)と(2)を有効にするために式(3)を使った。

$$S_{t+1} = \alpha + \beta \times F_t + u_t + 1 \quad (3)$$

現物と先物価格はどちらも非定常であり、 S_{t+1} と F_t が共和分関係にあるならば、効率的市場仮説を表している式(2)は支持されている。 S_{t+1} と F_t が共和分関係になれば、均衡からの逸脱は価格情報に組み入れられず、時間とともに拡大する。この現象は市場効率性の考えに反する。(注：しかし、現物取引市場の流動性が先物市場のそれとかなり異なるならば、価格調整の規模はこれらの2つの市場間で異なるかもしれない。市場が効率的でも、共和分関係はこれらの状況下で支持されないかもしれない)。さらに、式(1)によって示されるように、先物価格が現物価格の不偏推定量であるならば、追加条件 $\alpha=0$ もまた、充足される必要がある。現物と先物価格はほとんどの場合、非定常であるので、最近の研究はそれらの分析において共和分アプローチを用いている。

効率的市場では、将来の現物価格に影響する情報が両者間の距離が増大することを防止し、既存の先物価格に影響するので、共和分関係の存在が分析されなければならない。次のステップは、共和分ベクトル (α, β) を実証することである。原油先物市場の効率性についての研究例として、Crowder and Hamed (1993), Moosa and Al-Loughani (1994), Peroni and McNown (1998), Gulen (1998), Switzer and El-Khoury (2007), および Maslyuk and Smyth (2009) がある。今までのすべての研究は原油先物市場において共和分関係の存在を支持する結果を得ている；しかし、共和分ベクトルの存在を支持している結果はまちまちである。Crowder and Hamed (1993) は、1983年3月から1990年9月の間のWTI取引の先物と現物価格の実証分析を行い、 $(\alpha, \beta) = (0, 1)$ を支持する結果を得た。しかし、Moosa and Al-Loughani (1994) は1986年1月から1990年7月の間でWTI取引について先物と現物価格を実証し、 $(\alpha, \beta) = (0, 1)$ を棄却する結果を得た。Peroni and McNown (1998) は、1984年1月から1996年3月の間でWTI取引の先物と現物価格に $(\alpha, \beta) = (0, 1)$ を支持する結果を得たのに対して、Gulen (1998) は1983年3月から1995年10月の間でWTI取引について先物と現物価格を実証し、 $\beta=1$ を支持している結果(のみ)を得た。

Switzer and El-Khoury (2007) は1986年1月から2005年4月間のWTI取引の先物と現物価格の実証を行い、 $(\alpha, \beta) = (0, 1)$ を支持する結果を得た。Moosa and Al-Loughani (1994) によって使われたデータがわずかに4年半であり、パワーを欠いていたと仮定すると、先行研究は一般に、原油先物市場が効率的で、公正であるという仮説を支持すると主張することができる。

一方では、異なる満期をもつ先物が先物市場では売買される。Kawamoto and Hamori (2011) において特徴的なことは、「満期」は、満了までに至る時間と定義される。つまり、先物価格が

将来における現物価格に関する市場予想であることに類似して、長満期先物価格は将来における短満期先物価格に関する市場予想と考えることができるというものである。例えば、時点 t に売買された s 月満期の先物は 1 ヶ月後には $(s-1)$ 月満期の先物であるだろう。それ故、前者は後者の市場予想と考えることができる。従って、市場参加者の合理性とリスク中立が市場効率性に加えて仮定されるならば、 s 月満期の先物の価格は 1 ヶ月後に $(s-1)$ 月満期の先物の期待値と等しくなければならない（それは次の通り示される）：

$$F_t(s) = E[F_{t+1}(s-1) | I_t] \quad (4)$$

また、下記式(5)は、リスクプレミアムの存在が不偏性を妨げて、市場効率性だけが証明されるケースを表現する。

$$F_t(s) = E[F_{t+1}(s-1) | I_t] + v_t \quad (5)$$

Kawamoto and Hamori (2011) において、 $F_t(s)$ は時点 t に s 月満期先物を、 $F_{t+1}(s-1)$ は時点 $(t+1)$ に $(s-1)$ 月満期の先物を表している。情報セット I_t は時点 t に入手可能なすべての価格情報を含む。

Kawamoto and Hamori (2011) は、 $s=1, 2, \dots, n$ に関して、式(4)を満たしている先物市場を n 月満期の中で一貫して効率的で不偏であると定義する。Kawamoto and Hamori (2011) は、 $s=1, 2, \dots, n$ に関して、式(5)を満たしている先物市場を n 月満期の中で一貫して効率的であると定義する。式(4)と(5)を有効にするために、 $F_t(s)$ と $F_{t+1}(s-1)$ の間の共和分関係が最初に分析され、それから、パラメータ α と β は、以下の式を使って、実証される：

$$F_{t+1}(s-1) = \alpha + \beta F_t(s) + u_{t+1} \quad (6)$$

既述したように、期先先物の流動性が期近先物の流動性とかなり異なるならば、価格調整の規模がこれらの 2 つの市場間で異なるかもしれないことに注目する必要がある、その結果、市場が効率的でも、共和分関係はその状況下では支持されないかもしれない。

先行研究は様々な満期の原油「先物」と「現物」価格間での効率性と不偏性について実証分析を重ねた。しかし、Kawamoto and Hamori (2011) 以外に、異なる満期による先物間での効率性と不偏性について試験を行っただけの研究もない模様である。従って、異なる満期による先物間での効率性と不偏性について実証するために、Kawamoto and Hamori (2011) は NYMEX の WTI 先物のデータを用いている。それは、異なる満期の先物間での共和分関係について試験を行うことから始めて、それから、共和分ベクトル（式(6)における α と β ）を実証することが続く。ここで、誤差項が式(6)中で連続して相関しているならば、過去の価格情報に基づいた予測を改善することは可能で、効率性は成立しない。

5. 現物取引と指数先物価格のボラティリティー

Li (2011) は、株価指数先物のボラティリティーに対する現物市場流動性の影響を調査している。流動性は、現物および先物市場での実務家にとって興味を膨らませる問題である。ポピュラーなメディアの中では、「流動性リスク」という言葉はしばしば「市場危機」と一緒に存在す

る。マーケット・マイクロストラクチャーおよび資産価格領域における最近の進展は、流動性が価格発見において重要な役割を果たすことを示している。関連研究レビューの中で、Shleifer and Summers (1990) はアービトラージの限界を議論し、「ニュースはそれだけでは株価を動かさない；需要における不十分な知識しかもたない変化が株価を動かす」と結論づけた。多くの研究が、資産価格への流動性リスクのインパクトを調査した。特に、流動性がどのように金融市場価格に影響するかを示すために、Amihud and Mendelson (1986) および Jacoby, Fowler, and Gottesman (2000) は、理論的な議論を提供している。Brennan and Subrahmanyam (1996), Amihud (2002), および Pastor and Stambaugh (2003) は、証券固有の流動性特性と市場全体の流動性リスクが時間と市場を横断して期待株価リターンに影響するという主張を支持する実証的証拠を提供した。

Li (2011) は、4つの方法で研究に寄与している。第1に、明示的に現物取引と株価指数先物のリターン・ボラティリティ間の関係を解明する。市場流動性の先行研究は主に株式と債券市場に集中したが、現物市場流動性が株価指数先物のボラティリティに対して、有意で重要な説明的パワーをもっていることが判明する。第2に、流動性の2つの側面が調査されている。先行研究は主に取引活動のレベルを対象としたが、Shleifer and Summers のノイズ取引に関するより学究的な関心志向に呼応して、出来高のノイズ構成の情報内容を実証的に検証することによって、Li (2011) はこの問題に対処する。第3に、市場流動性とノイズ取引は動的価格ボラティリティへの長期的そして持続的な影響を有することを調査・立証している。第4に、株価指数先物という具体的な文脈における資産価格における流動性の役割追加の証拠を提供する。

全体として、Li (2011) の発見は、より流動的な株式市場が株価指数先物の効率性を高めるという理論的な主張と一致している。さらに、この研究は、流動性ボラティリティ関係の従来の肯定を断言する実証的証拠を提供する：流動性効果は長期的かつ持続的である。

我々の発見は先物市場での実務家にとって直接的な含意をもっている。

6. 穀物市場に関して、何故、満期の先物と現物の価格は分かれてしまうのか？

近年、米国における現物と先物価格は、トウモロコシ、大豆、および小麦などの商品契約満期において収斂することに失敗している。ヘッジの観点からして、この収斂の欠如はアービトラージ活動の有効性についての問題とこれらの契約の有用性についての懸念増大を提起する。Aulerich, Fishe and Harris (2011) は、これらの契約の受渡しプロセスを説明し、それが、買い手側に有利なリアル・オプション (real option: 選択変更が可能なこと) — 受渡し可能品を別の先物契約と取引できるオプション — をもたらすからだと主張している (注: わが国での売り方勝手渡しは、当然、売り手側に有利である)。現物と先物価格の相対的ボラティリティが増大する時、このオプションは価値が増大する。何故ならば、それは現物市場を先物契約での受渡し可能手段 (供用品) から切り離すからである。このオプションの価値に関する Aulerich, Fishe and Harris (2011) の推定は、それが重要な価格差を引き起こすかもしれないことを示す。Aulerich,

Fishe and Harris (2011) は、2000 年から 2008 年における、これら 3 商品のデータを用いてオプション価格決定モデルをパラメータ化し、このオプションモデルが密接に非収斂である最近のエピソードと合致することを示し、リアル・オプション効果の重要性を支持する。

貯蔵理論での基本的な結果は、先物契約の満期時に、現物価格と先物価格は収斂する (Kaldor, 1939; Working 1948, 1953)。満期前の価格差は、貯蔵コストのため生じるが、それ以外にも、機会資本コストや在庫上の便宜収益 (いわゆるコンベニエンス・イールド) を含むように広く解釈されるだろう (例えば, Brennan, 1958; Telser, 1958)。従って、取引報告で示された現物と先物価格が収斂しないことは説明がつかず、これは 2005 年以降、幾つかの農産物において増大していることが Irwin, Garcia, and Good (2007) によって見出されている。

例えば、シカゴ商品取引所 (CBOT) において 2007 年に満期を迎えたトウモロコシ、大豆、および小麦契約に関してこの問題を提起してみよう。これら 3 商品のベースス (現物と先物価格間の差) パスを追ってみると、ベースス収斂またはニア収斂がいくつかの満期では生じるが、他ではそうとも言えず、正常なアービトラージを引き起こすと期待される条件から大きな乖離を表すかもしれないことを示している。小麦ベーススは 3 月と 5 月の契約満期で -50 セント/ブッシェルに近づき、大豆とトウモロコシの 9 月契約はいつそう大きな乖離を示している。貯蔵と資本コストの同期データに基づいて、伝統的なキャリーモデルは無リスクのアービトラージによってこれらの差に有意な利益獲得機会を提供する。その時、問題はそのようなアービトラージがなぜ生じないかが焦点となる。

Aulerich, Fishe and Harris (2011) によれば、トレーダーが、これらのアービトラージ利益獲得機会を利用する貴重なリアル・オプションを諦めなければならないことを示している。つまり、このような取引は、キャリーモデルが示唆するだろう費用より、トレーダーには費用がかかるのである。Aulerich, Fishe and Harris (2011) は、この真の、あるいは埋め込まれたオプション (選択肢) が現物と先物価格が契約満期で乖離する中心的な理由であるという証拠を提供する。特に、近年、このオプションは、より重要な問題となり、より多くの非収斂のエピソードを引き起こした。

埋め込まれたオプション (embedded options) は収斂問題に関して、以前から提供されている。この問題に関して、研究者はこれらの契約の受渡しのタイミング、受渡供用品の品質またはグレードなどの売り方オプション (つまり、売り方勝手渡し) に集中した (例えば, Gay and Manaster, 1984a, b; Hranaiova and Tomek, 2002; Pirrong, Kormendi, and Meguire, 1994)。これらの売り方オプションは、現物市場から受渡しされる売りポジションの価値を増大させる。他の事情が同じならば、満期が近づくにつれて、現物価格は、売り方のオプションの価値に見合う分だけ先物価格を越える傾向がある。乖離の最近のエピソードは、現物価格が受渡し限月に先物価格より低いことを示す。

より詳細に述べれば、Aulerich, Fishe and Harris (2011) は、買い方・組み込まれオプション一別の先物契約でのショート・ポジション義務を果たすために受渡し可能品を取引するオプショ

ン(これ以降「取引オプション」と呼称)―が、満期における現物と先物の価格が収斂することに失敗するエピソードを説明することができるかどうかを調査する。このオプションに関して、買い方は、商品プラス取引オプションの価値を売り方に支払っている。従って、このオプションは現物価格と関連する先物価格を引き上げ、その結果、負のベースス(=現物価格-先物価格の場合)を引き起こす。重要なことには、取引オプションには満期がないが、買い方がこれらのいわゆる「物質的な」受渡し契約のために受渡し手段を受け入れる時、取引オプションは満期日に得られる。買い方への資産として、オプションは、これらの穀物契約の中で観察された満期に負のベーススの一貫した説明を提供する可能性をもっている。

7. 共和分関係にある商品価格決定モデル

経済は、均衡関係と共変動(comovements)に満ちている。これらは例えば購買力平価、リスクカバーされた、あるいはリスク露出された利率パリティ、現物・フォワード関係、貨幣需要方程式、消費支出、および商品価格間の関係を含む。これらの関係は広く知られているが、Nakajima and Ohashi (2012)によれば、それらは金融、特にデリバティブ評価の領域では適正に利用されていないと主張する。

これらの関係は、共和分手法を使ってモデル化され、最初に Davidson, Hendry, Srba, and Yeo (1978)によって暗黙に使われ、後に Engle and Granger (1987)によって確立された。共和分は、2つ以上の非定常時系列変数間にあてはまる属性に関係する。すなわち、いくつかの非定常の変数間の一次結合が定常であれば、これらの変数は、共和分関係にあるとされる。共和分は、変数間の長期的関係または均衡と解釈される。これは、共和分関係にある変数が、一次結合を定常にしておくように互いに拘束されるためであり、それゆえ、それらは一緒に変動する傾向がある。従って、共和分関係にある変数間のこのような共変動がデリバティブの価格に影響を与えるのか、そしてどのように与えるのかを考察することは自然である。

経済変数間で共和分関係を分析する学術論文は豊富に存在するが、共和分を用いてのデリバティブ価格に関する研究はそれほど多くはない。Nakajima and Ohashi (2012)の知るところでは、Duan and Pliska (2004)が、デリバティブ価格を調査することにおいて共和分を用いている最初の研究である。Duan and Pliska (2004)は株に集中し、ローカルなリスクニュートラルな評価関係(the local risk-neutral valuation relationship)と名付ける仮定の下で、オプションの価格設定を行った。この評価関係は、定義によれば、株価リターンのドリフト項(=基本的な方向性)がリスクニュートラルの状況下ではリスクフリーレートと等しいこと示唆している。この設定において、彼らは、ボラティリティーが確率的である時だけ、共和分がオプション価格に影響すると結論づけている。

しかし、商品価格は株価とは異なる動きをする。商品価格は生産および在庫状況によって強く影響を受け、これらの影響のない場合の価格を一時的に逸脱する傾向がある。その特徴は、Kaldor (1939) および Working (1949) による貯蔵理論から認められている。このような一時的

な逸脱を含むために、コンビニエンス・イールドの概念が導入され、これは商品価格決定モデルの中で、重要な要素となっている。

コンビニエンス・イールドが存在している時、商品価格の動向は、リスクニュートラル下でさえ、リスクフリーレートを逸脱するだろう。従って、標準的な商品価格モデルにおいて、Duan and Pliska (2004) のリスクニュートラル評価フレームワークをあてはめることはできず、彼らの結果を商品デリバティブ価格に直接適用することはできない。それ故、Nakajima and Ohashi (2012) は、Duan and Pliska (2004) の枠組を拡張し、共和分、すなわちより一般的には、商品価格の対数（注：対数をとれば、価格変化パーセンテージとほぼ等しくなる）間リニア関係を用いて、商品価格を調査せんとする。

より具体的には、Nakajima and Ohashi (2012) は、Duan and Pliska (2004) のリスクニュートラル推定があてはまらない商品デリバティブ価格への現物商品価格間のリニア関係の効果を調査する。より正確には、Duan and Pliska (2004) のフレームワークに基づき、Nakajima and Ohashi (2012) は、Gibson-Schwartz の2ファクターモデルを現物商品価格間のリニア関係、すなわち一定の条件下での共和分関係を用いて公式化する。Nakajima and Ohashi (2012) は、商品先物取引とオプションの価格についての分析的な式を得て、それを、NYMEX から原油と暖房用油のデータを用いて、デリバティブ価格に対するこのような現物商品価格関係の効果を実証的に調査する。結果は、原油と暖房用油価格間のリニア関係は、部分的にリスクフリーレートからのリスクにおけるドリフト（一般的トレンド）からの逸脱を説明し、それ故、デリバティブ価格に影響を与えていることを示唆する。

8. 自主規制金融取引所の株式会社化と顧客保護

過去10年間で、世界の主要な金融取引所のほとんどが相互扶助の非営利組織から営利企業に転換した。多くの場合、相互扶助の取引所はかなりの自主規制の能力をもっていた。その取引がこれらの取引所において実行される個人と組織にとって有意に、取引所はしばしば、そこで相互作用する経済主体の行動を制御する様々な規則を設定し、実施する法的な権限をもっていた。新しく株式会社に變更された存在のいくつかは、規制操作のために独立な子会社を設立するか、それらをアウトソーシングさえして、多くの営利取引所はこれらの自主規制の責任を維持している。

自主規制の「営利」取引所が彼らの施行責任を無視するかもしれないという懸念は存在している。特に、取引所の実施活動は費用がかかるので、株式会社に變更された取引所が不十分な資源を、利益増大の目的で規制の操作に投入するならば、「自主独立の執行力」は「あまりにも少しの施行」になるかもしれない。たとえ営利取引所が子会社またはサード・パーティーへこれらの仕事（義務）を委託することができたとしても、被契約者の施行努力に十分な資金を供給しない虞は常に残る。この懸念は株式会社化の影響に関する多くの学究的な解説やステートメントの中に発見される（例えば、Karmel, 2002; Macey and O'Hara, 2005）。それは、米国証券取引委員会

(SEC, 2004), 米国商品先物取引委員会 (CFTC, 2007), 国際通貨基金 (IMF, 2005), および証券監督者国際機構 (IOSCO, 2006) などの機関によってリリースされた文書の中にも明記されている。

Reiffen and Robe (2011) は、自主規制取引所の所有構造が如何に取引慣行規則すなわち最終投資家の代理人(先物仲買人, 証券ディーラーなど)が自己の抱える顧客の取引を如何に実行するかに関する規則に影響するかを分析する。これらの規則を実施することは、世界最大級の金融取引所のいくつかにおける自主規制活動の重要項目でもある。Reiffen and Robe (2011) は、市場監視と実施活動の存在理由から出発する: 顧客の代理人は無法な振る舞いをする可能性がないとは言えず、顧客にとっては、彼らの取引が実行される取引所が適正に代理人を監視し、悪事のためには刑罰を実施するであろうという保証が必要である。従って、監視と施行の経費を削減する取引所は、顧客が、その取引所で取引することを断念するであろうというリスクをおかしている。別の言い方をすれば、費用節減は却ってコストがかかることになるかもしれない。

この直観を捉えるために、Reiffen and Robe (2011) は、営利取引所が取引慣行規則を施行することに、より大きい誘因をもつか、より小さな誘因をもつかにかかわらず、代理人が取引結果について彼らの顧客より良質の情報をもっているモデルを用いて分析する。代理人は、顧客の取引所で利用可能な最も適正な価格を故意に誤報することによって彼らの情報の有利さを利用することができる。取引所は、疑わしい誤報を調査し、それを識別して、犯罪者を罰することができるけれども、そのための監視にはそれ相応の費用がかかる。このタイプの高コストな安定検証フレームワーク (CSV: costly state verification framework) は、様々な文脈の中で顧客と代理人との衝突を評価するために使われてきた。顧客と取引所メンバーとの関係を監視する相互的自主規制組織の誘因を分析するために、DeMarzo, Fishman and Hagerty (2005; 以降 DFH) は CSV モデルを構築している。彼らは、相互的自主規制機関 (SRO: self-regulatory organization) が彼らの顧客が願っているほどには監視をしていないと見出している。

Reiffen and Robe (2011) は DFH のモデルを採用し、いくつかの点でそれを拡張する。第 1 に、Reiffen and Robe (2011) は、代替的所有構造の下で作られる自主規制組織 (SRO) の意思決定をモデル化し、実施方針が如何にそれ以降の株式会社化を評価するかを可能にする。次に、Reiffen and Robe (2011) は代理人の不均一性 (heterogeneity) の効果を考慮する。この拡張は、Reiffen and Robe (2011) が、何人かの代理人が取引慣行違反行為を犯す均衡モデルを作成することを可能にする。最終的に、Reiffen and Robe (2011) はこれらの効果のインタラクションを分析する。すなわち、違反が均衡において起こるところまで、それらの頻度は所有構造を横断しているのか否かである。

Reiffen and Robe (2011) の主要な発見は、しばしば表現された懸念に反して、営利 SRO が、取引慣行規則を実施するのに関して、相互 SRO より大きな誘因をもっていることである。直観的に、相互 SRO のゴールは、代理人(すなわちメンバー)収入を最大化することである; それゆえ、それは、代理人が正直に報告するポジティブ・インセンティブを形成するという実施方針

を採用する。それに対して、営利 SRO はそれほど代理人収入に関心をもっていない；それ故、後に、正直な報告を保証するために、代理人調査を行う際、刑罰においてより大きい範囲を設定する。

Reiffen and Robe (2011) の分析は取引慣行規則の施行のために追加の意味をもっている。様々な代理人との拡張の中で、Reiffen and Robe (2011) は、他の事情が同じならば、SRO が相互的取引所である時、いくつかの誤報が許容されて均衡に至っていることが現実的なのではないかと主張する。この結果は、株式会社化がより過酷な取引環境をもたらすかもしれない別の次元を示唆する。

Reiffen and Robe (2011) はまた、政府の介入がどのように顧客の福祉に影響するかに関して、それは SRO 所有構造に依存して、その違いを識別する。DFH は、相互 SRO が比較的まれにしかなる取引慣行違反行為を調査しないが故に、政府レギュレーターは追加的調査をもって追ることによって顧客の福祉を増大させることができることを示す。それに対して、Reiffen and Robe (2011) は、株式会社化 SRO は代理人が追加の監視を受けないほど十分に精力的に彼ら自身で報告していることを示す。この結果は、株式会社化された存在のマネジャーが利益を最大化するという仮定に依存する限り、Reiffen and Robe (2011) の分析は、その存在に向けられた政治的な規則が知らず知らずのうちに株主所得極大化を妨げてはいないことを示唆する。

2つの要件は書き留めておく価値がある。第1に、Reiffen and Robe (2011) の結果は、株式会社に變更された取引所は、他の点では同一の相互扶助の取引所（最適に、よりしばしば調査され、それゆえ、必要とされる抑止レベルについてより高い施行経費を招いていた）より低い利益を得るだろうことを暗示している。従って、株式会社化が意味をなすために、株式会社の決定は取引慣行規則の施行と関連したものを越えて経済上の考慮を反映しなければならない。Reiffen and Robe (2011) の分析は、これらの規則を実施するに増大するコストが、株式会社化からの他の利益に比べて少ないと仮定する。この仮定は、株式会社に變更された取引所がより効率的に資源を用いるという実証的発見 (Hasan, Malkamaki, and Schmiedel, 2003)、および取引所メンバーが彼らの目的または適応能力において異なる時、市場変化への深い洞察反応としての「株式会社化の波」の理論的な合理性 (Hart and Moore, 1996; Pirrong, 2000; Steil, 2002) と一致している。

第2に、我々が集中する取引慣行規則は、顧客保護のほんの一面にすぎないということである。顧客保護以外の種類の規則は、取引所またはマージン規則とメンバー自己資本要件などのクリアリング・ハウス関係の金融の完全性をガードするようにデザインされた法令を含む；そして、規則は、価格操作の禁止やインサイダー取引制限などの市場価格の完全性を保証することを意味していた (Fischel and Grossman, 1984)。

残る問題の中で、Reiffen and Robe (2011) は2つの理由によって取引慣行規則に集中する。第1に、多くの自主規制金融取引所システムにおける施行活動のかなりの部分は、株式の先回り売買 (front-running)、偽装取引 (wash trading) や吞行為 (bucketing) に対する規則など、顧

客に対する取引所メンバーの行動と関連した規則から生じている。これは特に米国先物取引所に当てはまり、それはほとんどの証券取引所の上場基準またはインサイダー取引法令に類似点を全然もたない。第2に、現代の取引所に共通の他の主要なタイプの規則は価格操作に対する禁止令を実施する。しかし、実際の場合で、米国取引所のマニピュレーションケースは一般に取引所によってというよりも政府によって処理されている。それ故、株式会社化はほとんど市場規制におけるそのコンポーネントに対しては影響をもたないであろう。

9. VIX 先物市場における因果性

Shu and Zhang (2012) は、急成長中のボラティリティー先物市場の価格発見機能と情報効率性を調査している：考察対象は、シカゴオプション取引所の VIX 先物市場である。誤差修正メカニズム (ECM) を伴う線形の Engle-Granger の共和分テストは、完全なサンプル期間、VIX 先物価格が現物の VIX を導くことを示しており、そのことは VIX 先物市場が価格発見機能をもっていることを示唆する。しかし、修正された Baek and Brock の非線形の Granger テストは、VIX と VIX 先物価格間に両方向の因果関係を検出し、現物と先物価格の両方が同時に新しい情報に反応することを示唆している。

オプション価格によって暗示されているボラティリティーはしばしば、オプショントレーダーの将来の原資産市場ボラティリティー見解の反映とみられている。オプショントレーダーは、情報に通じているとしばしば信じられている；その考えに従えば、将来の実現ボラティリティーを予測することにおいて、インプライド・ボラティリティーはヒストリカル・ボラティリティーより機能上優れている（例えば、Christensen and Prabhala, 1998; Whaley, 2000 を参照）。シカゴオプション取引所 (CBOE) は、オプションのインプライド・ボラティリティーの情報上の役割によって部分的に動機づけられ、1993 年にインプライド・ボラティリティー・インデックスを公表しはじめた。この VIX として最初に知られ、2003 年に VXO として新しく名前をつけられたこのボラティリティーインデックスは、アット・ザ・マネー (at-the-money) (注：原資産価格と行使価格が一致しているオプション) の S&P100 インデックスオプションから計算された。2003 年に、CBOE は S&P500 種株価指数オプション価格に基づく VIX 算定方式に改訂した。

VIX は将来を見通した (forward-looking) ボラティリティーである；それは次の 30 日間の S&P500 種株価指数の予想変動率のオプション市場推定を表している。その導入以来、VIX は研究者と実務家の両方から大きな関心を引きつけた；それは徐々に米国株式市場のボラティリティーの先行指数になった。

Corrado and Miller (2005) は、インプライド・ボラティリティー・インデックスの予測品質をヒストリカル・ボラティリティーと比較し、将来の実現ボラティリティーを予測することにおいて、VIX がヒストリカル・ボラティリティーより性能が優れると見出している。同様な結果は Carr and Wu (2006) によっても見出され、彼らは S&P500 種株価指数リターンから推定される GARCH ボラティリティーより VIX が性能的に優れることを示す。VIX の非常に重要な機能は、

株式市場下落時の VIX がより高い傾向にあることであり、例えば、株式市場が崩壊した 2008 年の第 4 四半期の間、VIX は特に高かった。Whaley (2009) は、VIX がなぜ有益な「市場恐怖ゲージ」(market fear gauge) であるかを説明している：株式市場が下落すると予想される時、投資家はポートフォリオ・インシュアランスに関して S&P500 プット・オプションを購入するだろう。投資家が多くを購入するほどオプション価格はより高くなる。オプション価格はボラティリティーの単調な増加関数であるので、S&P500 種株価指数オプション価格が上昇する時、VIX も上昇する。S&P500 社による最近のリポートによると、特に動きが大きい時、VIX は将来の市況動向を予測することについて非常に有益である。2005 年 12 月から 2008 年 12 月まで、S&P500 種株価指数がかなり（すなわち 1 日あたり 1% より多く）低下した時はいつでも、VIX が上昇する可能性は 96.72% あり、VIX の短期先物インデックスが上昇する可能性は 95% あった。これらの発見が、ポートフォリオリスクをヘッジすることに関して、新しい資産クラスとして VIX を付け加えることの潜在的な利点を強調している。

Daigler and Rossi (2006) は、S&P500 ポートフォリオに買いの VIX ポジションを追加することからの有意な多様性利益報告をしている。現物の VIX が直接的には取引可能ではないので、トレーダーは VIX 先物や VIX オプションなどの VIX デリバティブを選ぶことになる。2004 年 3 月、CBOE は、その最初のボラティリティー派生商品（VIX インデックスを現金で決済する VIX 先物）を市場に上場した。VIX 先物の成功によって、CBOE は 2006 年 5 月にもう 1 つのボラティリティーデリバティブ商品 S&P500 3 ヶ月物の分散先物をスタートした。論文執筆時、2012 年現在、6 種類のボラティリティー先物があり、CBOE で取引されるボラティリティーオプションは 3 種類ある。Brenner, Ou, and Zhang (2006) は、ボラティリティーデリバティブ市場は、取引およびボラティリティーリスクヘッジの大いなる需要のために、大いなる可能性をもっていると結論づけている。2004 年初期の取引以降、VIX 先物の取組高と出来高は急速に増加した。2004 年に、平均的な取組高と出来高はそれぞれ 7,000, 460 であった。2008 年 8 月-2008 年 11 月の異常な市場暴落期間中、平均的な日次出来高は 1 日あたり 4,800 の契約であり、平均的な VIX 先物価格はその期間 19.20 ドルであった；それゆえ、平均的な日次市場（出来高）値は約 9200 万ドルであった。VIX デリバティブ市場の莫大な出来高が、ポートフォリオリスクをヘッジするために VIX 商品を用いる傾向がさらに増大していることを反映している。Szado (2009) は、基本的なポートフォリオ（すなわち 60% の株式と 40% の債券）の成果を、買いの VIX 先物を用いる代替的なポートフォリオと比較している。彼の結果は、2008 年 8 月から 12 月まで、VIX を 10% 分、基本のポートフォリオに追加することがリターンロスを 80% 削減し、ポートフォリオの標準偏差を 3 分の 1 減らしたことを示している。VIX 先物市場は、2012 年現在、日次平均出来高は約 68,000 であり、CBOE において最もアクティブな先物市場の 1 つになった。

VIX 先物契約は広範囲に及んだ認識〈認知〉を達成したけれども、VIX 先物の価格設定は非常に挑戦的であり続けている。VIX は売買される資産ではなく予測ボラティリティーであるので、現物の VIX と VIX 先物の間には、S&P500 種株価指数と株価指数先物の間で見られるような何ら

のキャリー関係のコストもない (no cost of carry relationship)。Zhang and Zhu (2006) は、確率的普及プロセス (a stochastic diffusion process) を用いて最初に VIX 先物をモデル化している。Zhu and Zhang (2007) および Zhang, Shu, and Brenner (2010) は、それぞれ、このモデルをさらに拡張した。その他の研究は、分散にジャンプをもたらす確率的拡散プロセスとしてモデル化している (Dupoyet et al. 2010; Lin, 2007)。Zhang and Huang (2010) は、CBOE の S&P500 3ヶ月物分散先物の価格設定を行うモデルを開発している。

理論モデルでの有益な研究とは対照的に、実際の VIX 先物市場データを用いて、この新しい市場の情報効率性を調査している実証的研究はほんの少ししかない。Konstantinidi et al. (2008) や Konstantinidi and Skiadopoulos (2011) は、様々な予測方法や取引戦略を用いて、VIX 先物価格の予測能力を統計的および経済的に検証している。彼らは、VIX 先物価格は統計的に予測可能であるが、規模があまりに小さいのでアービトラージ利潤を得ることができず、その結果は VIX 先物市場の情報効率性を支持すると結論づけている。しかし、彼らの研究は、1つの市場のみ—すなわち、VIX か VIX 先物のいずれか—に焦点を合わせており、VIX と VIX 先物間の時間的な関係には言及していない。

Shu and Zhang (2012) は、VIX と VIX 先物価格間のリードラグ関係を調査している。現物と先物市場間のリードラグ関係は、1つの市場がどれほど迅速に新しい情報に反応するか、そして2つの市場がどの程度まで結び付いているかを考察する。この論点は、商品市場と同様に様々な金融市場の中で広く研究されている。一般に、市場が効率的ならば、現物価格と先物価格の両方は同時に新しい情報に反応し、一方の市場と他市場間のリードラグ関係は生じない。いくつかの実証的研究は、現物と先物市場で情報効率性を支持する証拠を見つける。Wahab and Lashgari (1993) は、S&P500 種株価指数とフィナンシャル・タイムズ・インデックスの現物と先物価格を研究し、彼らは先物価格が弱く現物価格をリードするけれども、その規模はあまりに小さく如何なるアービトラージ利潤も上げることはできないことを見出している。彼らは、それらの結果が市場効率性と一致していると結論づける。Pizzi et al. (1998) は、S&P500 現物インデックスとその3ヶ月物と6ヶ月物のインデックス先物間のリードラグ関係を調査し、現物指数とインデックス先物価格は共和分関係にあり、先物価格から現物インデックスへ、そして現物インデックスから先物価格への両方向の因果関係が同時に検出されることができていることを見出している。満期が異なる米財務省 STRIPS (注：米財務省によって開発された、利付債の元本部分と利札部分が分離され、それぞれがゼロクーポンの割引債として販売されるもの) に関する Kung and Carverhill (2005) による最近の研究は、現物と先物価格が共和分関係にあり、流動性と取引費用を考慮すれば、アービトラージ利潤を得ることができないことを示している。

しかし、何人かの研究者は、これらの市場のトレーダーは一般に大きなトレーダーであり、情報に通じているので、先物市場とオプション市場の両方が現物取引市場より多くの情報を含むのだらうと信じている。

また、Bohl et al. (2011) は現物と先物市場間の因果関係はこれら2つの市場の投資家構造に

よって強く影響を受けることを見出している：より多くの機関トレーダーを有する市場は他の市場を先導するだろうということである。デリバティブ市場が大きなトレーダーによって支配される時、先物価格は現物価格を先導する—すなわち、先物市場は価格発見機能をもっていると考えられる。この価格発見機能は、多くの商品と金融市場において検出される（例えば、Brenner and Kronner, 1995; Chow, 2001; Stoll and Whaley, 1990 を参照）。様々な実証的事実を所与とすれば、問題は当然生じる：現物の VIX と VIX 先物価格間の実際の関係はどのようなか？

Shu and Zhang (2012) は、線形および非線形のグレンジャー因果関係性テストを用いて、2004 年 4 月から 2009 年 5 月までの比較的長い期間での現物 VIX と VIX 先物価格間の動的関係を調査している。ボラティリティーインデックスは、VIX と VIX 先物価格間の時間的な関係に影響を与えるかもしれないいくつかのユニークな特徴をもっている。第 1 に、他の現物取引市場と違って、現物 VIX 自身は取引可能ではない。VIX は S&P500 種株価指数オプションから引き出された予測ボラティリティーであり、それは資産ではない。オプションの原資産バスケットは大きく、常に再均衡されるので、VIX を複製することもまた難しい。その結果、現物の VIX と VIX 先物価格間のキャリー関係のコストが全く生じない。第 2 に、ボラティリティーは、平均回帰プロセス (mean-reverting process) に従う傾向があり、現在のより高いボラティリティーには将来、低いボラティリティーが続く傾向がある。現物の VIX は 30 日間のインプライド・ボラティリティーであるので、それは次の 30 日間の将来予測的な (forward-looking) ボラティリティーである。一方、VIX 先物価格は将来のインプライド・ボラティリティーであり、次の 30 日に続く 30 日間の予想変動率を表している。オプション市場が、ボラティリティーが次の 30 日間に関して上昇すると予測するならば、現物の VIX は上昇するだろう。しかし、ボラティリティーは、長期的にみれば平均回帰する傾向があるので、VIX 先物価格は現物の VIX と同じ程度には上昇しないだろう。株式市場はしばしば投資家意見を拡大し、短期に過激に反応する。Zhang et al. (2010) は、現物の VIX が平均して VIX 先物価格より高くより不安定であることを見出している。VIX と VIX 先物価格は、様々な期間における予想ボラティリティーを表していて、短期予想がその後の期間にしばしば改訂される時、VIX と VIX 先物価格間の因果関係はより弱いだろう。第 3 に、VIX と VIX 先物価格の相互関係は S&P500 種株価指数リターンによって変動する。S&P 社による最近の研究は、現物の VIX と S&P500 種株価指数リターンの間の相関は、VIX 短期先物インデックスと S&P500 種株価指数リターンの相互関係と同様、 -0.2 からほぼ -1 にまでドラマチックに変動することを明らかにしている。従って、VIX と VIX 先物価格間の動的な関係を調査することは重要である。

Shu and Zhang (2012) は最初に、誤差修正メカニズムを伴う伝統的な線形のグレンジャーテストを使って、因果関係を考察する。VIX と VIX 先物価格間の時変関係の説明に関して、Shu and Zhang (2012) はまた四半期毎に因果関係テストを実施する。伝統的なグレンジャーテストでは実際の現実において非常に一般的な非線形の因果関係を検出することに失敗するので、Hiemstra and Jones (1994) は非線形なグレンジャーテストを追加することの重要性を指摘して

いる。Silvapulle and Moosa (1999) は、線形のグレンジャーテストを用いては検出することができない現物と将来の原油価格間に有意な両方向の因果関係を見出している。既述したように、VIX と VIX 先物価格間の非線形関係を捉えるために、Shu and Zhang (2012) は非線形なグレンジャーテストを実施する。市場効率性は、ニュースに対する同期反応と一方の市場から他市場への情報スピルオーバーが少ないことを示唆する。

しかし、Bohl et al. (2011) によって指摘されるように、現物と先物市場間の因果関係は、他を導いているより多くの機関トレーダーを引き付ける市場とこれらの2つの市場の投資家の構造によって影響される。実際、プットオプションと VIX 先物は両方とも、値下がりリスクをヘッジすることにおいて有益なツールである。もし機関投資家がオプション取引を選好するならば、オプション価格から計算された現物の VIX が VIX 先物価格を導くだろう。しかし、VIX 先物市場がより多くの情報を有するトレーダーを引き付けるならば、VIX 先物価格が VIX を導くだろう。この理由により、VIX と VIX 先物価格間の因果関係テストはまた、S&P500 種株価指数オプションと VIX 先物をヘッジングツールとして用いる相対的な魅力に関する間接的な比較として役立つ。

Shu and Zhang (2012) の知る限りでは、Shu and Zhang (2012) は、VIX 先物市場の価格発見機能に最初にアドレスする研究である。見つけられる唯一の関連した研究は、Konstantinidi et al. (2008) および Konstantinidi and Skiadopoulos (2011) であるが、VIX と VIX 先物の両方がそのヒストリカル・パターンによって予測できることを示している。しかし、このような予測は、アービトラージ取引戦略を生成することに失敗している。彼らの研究はボラティリティー市場での価格発見より情報効率性を重んじている。また、彼らは VIX と VIX 先物価格間の相互関係を研究していないと Shu and Zhang (2012) によって指摘されている。

Ⅲ 検討

以上、2011 年-2014 年の *The Journal of Futures Markets* に掲載された 9 本の論文を、この期間の研究潮流を示す代表として、紹介した。以下では、下記にあげるサブ的テーマに沿って、あるいは上記論文を中心として、若干の考察・検討を加えたい。

1. ヘッジング

紹介した Chen and Tsay (2011) だが、20 世紀での従来の伝統的な不変ヘッジ比率重視の傾向から、21 世紀に入り、経時変化するヘッジ比率を計算するために多くの研究者が多変量一般化自己回帰条件付き異分散 (GARCH) モデルを用いることを促すことになった。しかし、おそらくはリーマンショックの影響であろう、2000 年代終わり頃から、経時変化するヘッジ比率を評価する別の方法の出現があり、 ΔS_t (現物価格変化) と ΔF_t (先物価格変化) 間の関係はレジーム依存であるマルコフ・レジーム・スイッチング (MRS) モデルを通じて行われるとの研究が

主流になりつつあると強調されている。

さらに、Sheu and Lee (2014) によってこのことは確認されるが、問題は以下である。Sheu and Lee (2014) の前提によれば、上記の多変量マルコフ・レジーム・スイッチング GARCH ヘッジング・モデルは、現物と先物リターンの状態依存の経時変化する共分散構造を捉えているけれども、そのシンプルさの故に、それらは、1つの共通の状態変数によって制御された同じスイッチングダイナミクスに従うように、すべてのデータ系列を制限してしまうという問題点を抱えている。

このことは、現物と先物のリターンが異なる状態変数によって制御された異なるスイッチングダイナミクスに従うかもしれないという可能性を排除する。例えば、現物のリターンは高い（低い）ボラティリティー状態にあるが、その間、先物リターンが低い（高い）ボラティリティー状態にあることは、実際に可能である。現物と先物価格は同じファンダメンタルズ（原資産）をもっていて、密接に関連しているけれども、新しい、予期しない情報を反映するスピードは異なるかもしれないからである。このような理由から、Sheu and Lee (2014) は、最適なヘッジ比率を推定するために、「多連鎖」マルコフ・レジーム・スイッチング GARCH (MCSG) モデルを提案する。MCSG は、現物と先物のリターンのスイッチングダイナミクスが異なる状態変数によって制御されることを可能にし、クロスレジーム（レジームを横断する）ダイナミクスを捉えるとしている。

Sheu and Lee (2014) による9つの商品先物取引からの実証的ヘッジング結果は、全体の MCSG が優れたサンプル内ヘッジングの有効性を表していることを明らかにしている。MCSG は小麦と砂糖を除いたすべての商品に関して、高性能であり、特に、サンプル内では、MCSG はトウモロコシ、暖房用油、パラジウム、プラチナ、および金に関して最もよいパフォーマンスであった。このことから、MCSG は農産物先物以外のヘッジ比率推定に適しているのではと筆者は考えている（注：トウモロコシは、バイオエネルギー商品としての側面があり、石油とは代替の関係にある。以下で考察する）。

「ボラティリティー」という用語が出現したので、既述の紹介論文では、次に Wu, Guan and Myers (2011) の原油価格からトウモロコシの現物と先物価格への有意なスピルオーバーの証拠とこれらのスピルオーバー効果の経時変化を紹介した。Wu, Guan and Myers (2011) の結果は、トウモロコシ市場が、2005 年のエネルギー政策法 (the Energy Policy Act of 2005) の導入後、原油市場により一層接続されたことを明らかにする。さらに、エタノールガソリンの消費比率がかなりのレベルを越えている時、原油価格は正のボラティリテースピルオーバーをトウモロコシ価格に送り、トウモロコシ価格における動きはよりエネルギー主導となる。原油とトウモロコシ価格間のこの強いボラティリティーリンクに基づいて、石油の先物を用いてトウモロコシの価格リスクを管理する新しいクロス・ヘッジングの戦略が調査され、その実施が研究された。

米国のバイオ燃料生産は、バイオ燃料の費用効果をより高くしている。高いエネルギー価格とエネルギー需要に関して、米国の原油輸入依存を減らすように企図された米国政府の政策による

ものであり、急速な拡大を経験した(Tyner, 2008)。化石燃料をバイオ燃料に代替することもまた、いくらかの人々によっては、エネルギー保障の他に、少なくとも部分的に気候変動問題に対処する可能性をもつと見られている。従って、バイオ燃料生産、特にトウモロコシベースのエタノールの生産における拡大は、トウモロコシと原油の市場をより結びつけ、原油市場からトウモロコシ市場へのボラティリティースピルオーバーを引き起こした可能性が高い。

ボラティリティースピルオーバーは、金融の研究において広く調べられてきた(Baele, 2005; Bekaert and Harvey, 1997; Bekaert, Harvey and Lumsdaine, 2002; Christiansen, 2007; Ng, 2000)が、特に、原油市場からトウモロコシ市場へのボラティリティースピルオーバーの発生は、バイオ燃料生産の成長を与えられてますます重要な問題になった。Wu, Guan and Myers (2011)は、トウモロコシ価格におけるボラティリティーが原油市場からの外部ショックによって影響を受ける範囲に特別な注意を払って、原油価格からトウモロコシ価格へのボラティリティースピルオーバー効果を調査している。より具体的には、Wu, Guan and Myers (2011)はボラティリティースピルオーバーモデルを構築し、トウモロコシ現物と先物価格への原油先物価格からのショックの効果を調査している点は興味深い。

2. 価格発見

価格発見に関しては、本稿では、市場における投資家構造に着目した。Bohl, Salm and Schuppli (2011)は、先物市場における経時的な投資家構造の変化に経時変化する現物・先物リンクを関連させる。実証の結果は、十分な知識をもたない個人投資家が優勢な市場では、先物市場が価格発見に寄与していないことを示唆する。対照的に、出来高における機関投資家のシェアが増大するにつれて、先物から現物取引市場への情報流の証拠と両市場における条件付き相関関係の著しい増大があると主張する。

要するに、両投資家グループの特徴に関するBohl, Salm and Schuppli (2011)の実証的証拠は、機関投資家が合理的であり、個人より情報に通じていることを示唆する。これらの発見を考慮して、Bohl, Salm and Schuppli (2011)は、先物市場での価格発見の長年の証拠が投資家構造に関して頑健であるかどうかを調査する。より具体的に、Bohl, Salm and Schuppli (2011)は、先物市場でたぶん習熟していない個人投資家の優越性が先物取引の情報の寄与を害するか否かを調査する。習熟していない投資家が市場取引を行うならば、これは価格シグナルの品質を落とし、価格の情報内容を下げるかもしれない。この設定において、先物市場がその価格発見機能を遂行しない可能性もあるという結論に至っている。

また、価格発見に関しては、代表論文には挙げなかったが、Frino, Webb and Zheng (2012)による「国際的な注文の流れは先物市場における価格発見に寄与するか?」という研究がある。これは、海外に端を発する注文フローが国内の先物市場における価格発見に寄与しているかどうかを調査している。この問題は、注文がなされたコンピュータサーバーの地理的な位置を識別するオーストラリア証券取引所(ASX)において売買された株価指数先物取引に関するユニークな

データセットを用いて調査されている。Frino, Webb and Zheng (2012) の結果は、シドニーとシカゴに置かれたサーバーに端を発する取引が SPI 先物契約の価格発見の殆どに寄与していることを示す。シドニー、シカゴ、およびロンドンから開始された取引は日次価格ボラティリティーに対して重要な影響をもっている。特に、シドニーとシカゴからの取引は、より大きな永久的な価格インパクトをもつというものである。

Frino, Webb and Zheng (2012) の結果は、海外の注文フローが株価指数先物市場での価格発見に寄与している提案と一致しており、それが重要であり、有益な経済的役割を提供することを示唆している。次に、国際的な注文フローへの障害が株価指数先物市場での価格発見を阻害することを示唆している。株式市場における株価指数先物市場によって果たされた価格発見役割の故に、国際的な注文フローへの障害がまた株式市場での価格発見を間接的に阻害していることを次々と示唆する。

3. 市場効率性

このサブテーマに相応しい論文は、上記で挙げた Kawamoto and Hamori (2011) しかなかった。ただ、Kawamoto and Hamori (2011) は、市場効率性の分析において、先物価格間のスプレッドに着目したことは秀逸であると考える。筆者もこのテーマの実証分析に挑戦したことがあるが、現物価格と先物価格との組み合わせでは、先物の満期までの期間を長く取ると、10 年程度の日次データを用いても、オーバーラッピングせずに、採ることのできるサンプルは極めて少なくなり、まともな統計的検定に耐えられない。

それを、先物内でも限月が違えば、現物と先物との関係のプロキシにすることができるのではないかという発想は興味深かった。ただ、これはあくまでもプロキシであり、実際の現物と先物間の関係は、ベシスやコンビニエンス・イールドあるいはキャリーモデルに代表されるように、極めて複雑であり、先物と先物との関係で代替できるものではないことは指摘しておきたい(参考的な実証分析結果として付加することは可としたい)。

4. ボラティリティー

代表論文 Bohl, Salm and Wilfling (2011) に挙げたテーマが最も一般的である。ただ、この研究の独自性は、市場構造との関連である。Bohl, Salm and Wilfling (2011) は、十分な知識をもたない取引に習熟しない個人が先物市場での支配的なトレーダータイプであるユニークな制度上の設定を利用する。これは、Bohl, Salm and Wilfling (2011) が、それ以前の研究より正確に不安定化仮説を調査するとともに、現物取引市場ボラティリティーに対する「個人」による株価指数先物取引の影響にプラスあるいはマイナスの証拠を提供することを可能にしている。

Bohl, Salm and Wilfling (2011) はポーランドでの指数先物市場のユニークな制度上の特徴を利用し、それは不安定化仮説を支持するラインに近いが、原資産現物取引市場への先物市場の影響に関して多くの研究に寄与する。最近の研究は特に明示的に、投資家構造の重要性和個人投資

家の役割を念入りに調査している。このトレンドをポーランドという実際の実験室を活用したユニークな論文である。実証分析結果だけを確認すれば, Bohl, Salm and Wilfling (2011) は, ポーランドでの指数先物取引の導入が原資産株価指数市場のボラティリティーの増加を導かないと結論づける。その結果, 不安定化仮説を棄却している。

他には, Guo and Liu (2014) の「商品先物と株式のボラティリティー行動と依存構造」がある。これは, 「レジーム・スイッチング・パターン間の依存性を探究することによって」かなりのリスク分散が一定の商品グループと「株」の間で潜在的に存在することを見出している。つまり, 商品グループのどれもが, 共通のボラティリティーレジームを株式とは共有していなく, 株価のレジームに依存していると考えられる穀物, 工業品 (industrials), 金属, または繊維 (softs) のレジーム・スイッチングパターンもそうではない。商品先物取引と株の同時不安定なレジームは, まれで, 短命である傾向がある。さらに, 金融感染 (financial contagion) にもかかわらず, 畜産物, 穀物, および繊維商品は一般に同時不安定なレジームの中でさえ株との (ボラティリティー) 相関は非常に低いことを示している。

米国株と商品先物取引リターンの相互関係は, 一般に米国と世界 (米国を除く) の株価指数リターンの相互関係よりずっと低い。米国株と商品先物取引の相関は, 両方ともボラティリティーの大きい時に, 増大する。しかし, 増加のマグニチュードは非常にゆるやかである。相互に不安定な短期間のレジームはまた, 望まれていない効果を一時的に高い相関から取り除く。さらに, 株式と, エネルギー, 工業品, および金属の相関変化は一方向的なボラティリティー状態変化によっては支配されない。すなわち, 株式またはエネルギーだけがある状態から他のボラティリティー状態に切り換わる時でも, 株式とエネルギーの相関は劇的に変わらないかもしれない。全体として, Guo and Liu (2014) の結果は商品先物取引と株式の間でのリスク分散をサポートするわけで, 資産ポートフォリオ上, 両方を含む方が適切との見方を支持する。

5. ベーシス

近年, 米国における現物と先物価格は, トウモロコシ, 大豆, および小麦などの商品契約満期において収斂することに失敗している。ヘッジの観点からして, この収斂の不足はアービトラージ活動の有効性についての問題とこれらの契約の有用性についての懸念増大を提起する。Aulerich, Fishe and Harris (2011) は, これらの契約の受渡しプロセスを説明し, それが, 買い手側に有利なリアル・オプション (real option: 選択変更が可能なこと) — 受渡し可能品を別の先物契約と取引できるオプション — をもたらすからだと主張する。

価格の収斂はアービトラージによって説明されるが, Aulerich, Fishe and Harris (2011) は, トレーダーが, これらのアービトラージ利益獲得機会を利用する貴重なリアル・オプションを諦めなければならないことを示す。つまり, このような取引は, キャリーモデルが示唆するだろうよりもトレーダーには費用がかかり, この真の, あるいは埋め込まれたオプション (選択肢) が現物と先物価格が契約満期で乖離する中心的な理由であるという証拠を提供する。

要するに、先物市場は150年以上の間、重要なリスクを共有する機能を提供した。しかし、この基本機能は理論的に一貫した契約に依存する。トウモロコシ、大豆、および小麦でのベシス乖離という最近のケースは、これらの契約の受渡しシステムのデザインにおける不備に関心を寄せた。Aulerich, Fishe and Harris (2011) の分析は、この欠陥が受渡し手段に埋め込まれたオプションと関連していることを示す；すなわち、具体的には、出荷証明書である。投資家は、別の先物契約に対してこれらの証明書を受渡しとして取引するオプションの価値を考慮するであろうし、このファクターは先物市場の中で価格設定される。Aulerich, Fishe and Harris (2011) の結果は、満期におけるこれらのオプション価値での変動が収斂の不足と現物と先物価格差のサイズに関して一貫した説明になることを示している。

他に関連する研究は、Volmer (2011) の「天然ガス市場のコンビニエンス・イールドに関する頑健モデル」である。Volmer (2011) は、天然ガスのコンビニエンス・イールド（＝先物をもつより、商品の現物保有から生ずるプレミアムが大きい状態の時に考慮するプレミアム；例えば、バックワーデーション状況）に関する研究を行っている。計量経済モデルによる結果は、気温が貯蔵レベルに加えて重要な説明変数であることを確認する。さらに、拡張された線形モデルは、Volmer (2011) によれば、Brennan (1958) の心の中の物質的貯蔵コストの変化を考慮する必要があることを示す。

Volmer (2011) は、レジーム・スイッチング・モデルに関して説明力を改善できていないが、ベシスの変動性が在庫レベルの減少よりも増大するだろうことを示した。この発見は、Volmer (2011) のデータセットの中でもそうであったように、在庫レベルが完全枯渇より容量限界に非常に近づいた時のガス市場に関して妥当だろう。

Volmer (2011) の研究の暗黙の仮定は、ヨーロッパ本土との間に設立されたパイプライン接続であるバクトン・ジーブルック・インタコネクタ (the Bacton-Zeebrugge Interconnector：英国とベルギーを結ぶ北海パイプライン) だけが外因的なイベントの場合におけるコンビニエンス・イールドに影響を与えるということだった。

ベシスは、伝統的なキャリーモデル、無リスクのキャッシュ・アンド・キャリー取引といった観点を超えて種々検討を要する研究領域である。

6. 市場間関係・価格関係

上記、Nakajima and Ohashi (2012) は、提案されたモデルが標準の商品モデル、特にGS (Gibson-Schwartz) モデルの一般化と解釈することができることを強調した。これは、Nakajima and Ohashi (2012) がリスクニュートラル見込み下でのリスクフリーレートからの商品リターンにおけるドリフト（＝一般的動向）の逸脱を、2つのコンポーネントに分解したためである：つまり、コンビニエンス・イールドとリニア関係項 $z(t)$ である。従って、提案されたモデルは、コンビニエンス・イールドによって捉えられた通常の保存〈貯蔵〉効果だけでなく、他の商品価格および取引費用からのインパクトなど他の原因も説明することができる。

実証的分析において、Nakajima and Ohashi (2012) は、リスクの市場価格がコンベニエンス・イールドと項 $z(t)$ においてリニアであると仮定し、カルマン・フィルター法を使用した。原油と暖房用油の市場データを用いて、Nakajima and Ohashi (2012) は提案されたモデルを推定した。結果は、商品価格間のリニア関係が実証的にそれらのデリバティブ価格に影響することを示唆している。長期先物ヘッジングの調査に関しても、Nakajima and Ohashi (2012) はこのモデルを用いている。

現物商品価格間のリニアの関係は重要な役割を果たすが、このような現物商品価格が、Nakajima and Ohashi (2012) のものも含めて標準的な商品価格モデルの中で観察できないと仮定されることは注目されるべきである。従って、観察できない現物価格の代わりに観察できる先物価格間でのリニア関係をモデル化し、デリバティブへのリニア関係の効果または一定の条件下での共和分の効果を分析することが早道かもしれないと Nakajima and Ohashi (2012) は示唆している。

もし商品リターンのボラティリティーが確率的であるならば、共和分関係がデリバティブ価格に影響することもまた注目されるべきである。Trolle and Schwartz (2009) は、デリバティブ価格に対する現物価格間のリニア関係の効果を調査していないけれども、確率的ボラティリティーを有する商品デリバティブ価格モデルを開発している。それゆえ、リターンが確率的ボラティリティーを有するという状況(条件)下では、現物価格間にリニア関係を組み込んだ商品デリバティブ価格モデルの構築もまた有益だろう。今後の研究が待たれる。

他方、Frino, Mollica and Zhou (2014) は、「国境を横断する流動的共通性：先物市場からの証拠」に関して、株価指数先物市場の流動性における共通性を調査する。2002年10月から2012年9月までの10年間に於いて、9つの指数先物契約に関して、グローバルな流動性における共通性についての有力な証拠を報告する。Frino, Mollica and Zhou (2014) の結果は、市場モデルと主成分分析の方法に基づく流動的共通性に関する満期効果と検証において頑健であった。Frino, Mollica and Zhou (2014) は、経時的にグローバルな流動的共通性における変化を調査し、流動的共通性が近年重要性において高まり、より普及していると主張する。

つまり、Frino, Mollica and Zhou (2014) は、株価指数先物市場の流動性が世界市場の流動性とともに変動するかどうかを調査する。Frino, Mollica and Zhou (2014) の実証結果は、10年以上にわたる指数先物市場のグローバルな流動的共通性に関する有力な証拠を明らかにしている。Frino, Mollica and Zhou (2014) の結果は、満期効果の考慮とグローバル市場流動性に関する代替の構成ウェイトに対して頑健である。Frino, Mollica and Zhou (2014) はまた、流動的共通性が時間を通して発展したかどうかを調査する。結果は、流動性における共通性が近年、それがスプレッド相場と相対的なスプレッド測定量の両方に関して、2000年の初頭において観察された時より、より意義深く、より普及していることを証明する。

Frino, Mollica and Zhou (2014) は、将来の研究のための多くの大筋を提案する。第1に、流動的共通性を促進する支配的市場への調査と、それらの役割が時間を通して変化したかどうか

は、流動的共通性構造に対する追加的洞察を提供することができる。第2に、共通性を説明する指数先物市場での流動性の需給ダイナミクスの調査、特に、共通性が高頻度取引またはグローバル市場をより良く統合する他の技術変革によって促進される範囲に関する調査もまた、Frino, Mollica and Zhou (2014) において述べられた関係に関するいくつかの理由に光を当てるかもしれない。これらは、将来の研究に期待するものである。

他には、Dorfman and Karali (2014) の「商品間における価格リンケージのパターン」がある。Dorfman and Karali (2014) は、市場に大きな変化があった際、価格パターンが変わるかどうかが決定するために、商品先物価格間のリンクを調査している。具体的には、1990年から2011年までのデータを調査して、Dorfman and Karali (2014) は、広く取引されている先物市場での一連の商品セット間で、相関係数、(非)定常性、および共和分におけるパターン変更を調査する。Dorfman and Karali (2014) は、先物価格と系列の非定常可能性間の簡単な相関係数が、経時的に増大することを見出す。しかし、Dorfman and Karali (2014) の共和分テスト結果は共和分の増加の証拠を全く示していない。この混乱した証拠は、先物市場は経時的により効率的になったが、以前には無関係であった商品が引き起こす均衡関係を見ていないことを示唆すると述べている。

先物市場経由で価格リスクを管理するには、商品の現物と先物価格間の関係について完全な理解を必要としている。理論上、貯蔵可能な商品の現物と先物価格間の関係は「無アービトラージ」条件に基づく。すなわち、この場合、我々は、商品を現在の現物価格で売買することと、現在の先物価格で後日に先物契約を売買することとの間で今日的に無差別であることを示唆する。これは通常、先物市場の貯蔵(ストレージ)円滑化機能と称される。

現物と先物価格間の共和分分析に加えて、いくつかの研究は異なる価格間の長期にわたる関係について試験を行っているが、農産物価格間では、このような研究は制限される。幾つかの農産物価格は生物学的な理由(例えば、トウモロコシは家畜に餌として与えられる)で結びつけられるが、他の価格は、生産(農業者は、2つ以上の作物を育てることに容易にスイッチング可能である)あるいは消費(人々は、安ければ、生存(カロリー)に関しては、小麦からトウモロコシに切り換えるだろう)における代用可能品としてリンクされる。他の商品はそれらの間にもどのような価格リンクが存在するか何らの特定の理由ももっておらず、従って、我々は、それらの価格が相対的に無相関であることを発見するだろう。これらの重要な生産および/または消費の関係にもかかわらず、異なる商品市場間の価格リンクの識別は一般に研究において無視されている。

しかし、最近の商品ブームは、特に商品インデックス・ファンド(それはいくつかの選ばれた商品先物契約から成る投資ポートフォリオである)の出来高増大に対するメディアによる中傷後に、実務家の関心は市場内関係に向かった。実のところ、商品インデックス・ファンドが商品の現物または先物価格のどちらかと衝突するならば、過去10年間の商品インデックス・ファンド側の大きな増加は、商品を横断してより強いリンクを導入し、以前ではつながっていなかった価

格を、相関している気にさせたかもしれない。

この問題についての研究例は、時間とともに増大する相互関係を見つけて、原油価格と非エネルギー商品の先物価格の相互関係の変化を追跡している。しかし、時間とともに相関を研究することは、価格系列が定常であることを要求する。何らかの理由で、価格系列が非定常ならば、価格間のいかなる長期にわたる関係をも識別するために共和分テストを使うべきだろう。

定常あるいは非定常両方の可能性を調べ、認識することが重要である。商品市場が個人投資家のための大きな代替的な投資先になるにつれて、活気を増したインデックス・ファンド活動は増大した市場流動性と共有された価格リスクのために、市場効率性（あるいは非定常）における変化を引き起こすかもしれない。さらに、活気を増したインデックス・ファンド活動のみが最近商品市場に出現している唯一の変化ではない。世界経済は、どの効果がまだ続くのかという深刻な不景気を被っている。

中国やインドなどの新興国からの食物の需要増は、代替燃料生産における一部の作物の利用を増大させ、すべての商品ストックを減らす天候ショックはより高い商品価格をもたらす。これらすべての変化は、商品間での価格関係を変化させるだろう。さらに、これらの開発はまた市場効率性に影響し、活気を増したインデックス・ファンド活動の商品価格への影響を増大させるかもしれない。

7. 市場構造・市場参加者

既述、Reiffen and Robe (2011) は、「自主規制金融取引所における株式会社化と顧客保護」において、取引所が株式会社化される時、規則を実施する誘因が如何に変わるかを調査する。しばしば述べられた懸念と対比すると、Reiffen and Robe (2011) は、多くの状況において、（メンバーというよりも）株主収益を最大化する取引所が積極的にこれらのタイプの規則を施行するより大きな誘因をもっていることを見出している。結論的には、取引所が当事者を監視する活力、および規則違反に対する刑罰の選択を通して、SRO（Self-Regulatory Organization：自主規制機関）は顧客と当事者間での契約に影響する。大概において、Reiffen and Robe (2011) は、営利SROが相互SROより多くの調査を実行すると見ている。

この結論の背後にある直観は、相互SROが顧客参加と一致する当事者監視が最も弱いものに対して、営利SROは当事者参加と一致する監視の最も強いものであるということであろう。Reiffen and Robe (2011) のモデルの中で、より厳密な施行の名においてより多くの取引慣行の調査を惹起する政府命令は、相互扶助の取引所での顧客福祉を改善するだろうが、営利あるいは株式会社化された取引所では改善しないだろう。Reiffen and Robe (2011) の分析によれば、規制当局は取引慣行違反者への非金銭的刑罰の賦課など、営利での結果を強化するような戦略をとることを示唆する。

その他、Rothig and Chiarella (2011) は、カナダドル、スイスフラン、英ポンド、および日本円の前物市場における小規模トレーダーの取組高と、大規模ヘッジおよび投機間の相互関係を調

査している。グレンジャー因果関係テストおよびベクトル自己回帰モデルに基づく結果は、小規模トレーダーの取組高が大規模投機家の取組高と密接に関連していることを示唆している。小規模トレーダーと投機家は、集まる（＝群れる）傾向があり、それは、投機家が買い〔売り〕の時には、小規模トレーダーも買い〔売り〕を行うことを意味する。さらに、小規模トレーダーと投機家は正のフィードバックのトレーダーなのに対して、ヘッジャーは逆張り（負のトレーダー）である。情報の流れについて、投機家は4つの通貨先物市場のうちの3つにおいて小規模トレーダーを導く。従って、結果は、小規模トレーダーは大規模投機家ほど情報に通じていないことを示し、大規模投機家に追従する小規模投機家であることを示唆する。

換言すれば、Rothig and Chiarella (2011) は、グレンジャー因果関係テストと VAR モデルを用いて、4つの通貨先物市場において、小規模で非報告のトレーダーと大規模投機家およびヘッジャーとの関係を調査した。結果は、小規模トレーダー、投機家、およびヘッジャーの建玉間の因果関係と先物終値リターンに対するトレーダー・ポジションの反応の両方に基づく。さらに、研究は、大規模および小規模トレーダー間の情報の流れ、およびそれ故に大規模トレーダーが小規模トレーダーより情報に通じているかどうかの問題を分析する。

Rothig and Chiarella (2011) の発見は3つである。第1に、カナダドル、スイスフラン、英ポンド、および日本円の先物市場における小規模トレーダーの活動は大規模投機家の活動と密接に関連している。大規模投機家と小規模トレーダーは群れる傾向があり、大規模投機家が買い〔売り〕である時、小規模トレーダーもまた買い〔売り〕である。さらに、買い〔売り〕のヘッジング活動は、売り〔買い〕先物契約に小規模トレーダーを引き付ける。これらの発見は、小規模トレーダーが投機家であるという見解を裏付ける。

2番目の主要な発見は、先物リターンに対するトレーダー・ポジションの反応である。先物リターンへのトレーダー・ポジションのインパルス応答は、投機家と小規模トレーダーが正のフィードバック・トレーダーなのに対して、ヘッジャーは逆張りであることを示唆する。また、これらの結果は小規模トレーダーが投機家であるという上記の発見をサポートする。

3番目の主要な発見は大規模および小規模投機家間での情報の流れである。結果は、カナダドル、英ポンド、および日本円の先物市場において、小規模投機家は大規模投機家ほど情報に通じていない。しかし、スイスフランの先物市場で発見された双方向の因果関係は、小規模トレーダーが本来、必ずしも十分な知識をもっていないとは言えないことを示唆する。個々の場合における情報の流れをチェックすることが必要であろう。

8. 先物市場の属性、感応性、影響力

先物価格のキャリーコストモデルに基づいて、多くの研究は、様々な頻度でベースに関する非線形自己回帰モデルを推定した（例えば、Dwyer G.P., Locke, P, and Yu, W, 1996; Monoyios, M. and Sarno, L, 2002; Taylor, N, van Dijk, D, Franses P.H., and Lucas, A, 2000 を参照）。これらのモデルの構造と報告されたショックに対する調整スピードは根本的に異なる。Paya and Peel

(2011)は、「非線形モデルのシステムティック・サンプリング：インデックス先物市場における調整スピードに関する証拠」の中でシステムティック・サンプリングの意味を調査する。得られた結果は、キャリーコストモデルの中のショックに対する調整スピードに関して、一見矛盾した結果を説明しようとするにおいて、プロセスの規則的なサンプリングが、重要だろうことを示している。

Cao, Ghysels and Hatheway (2011)は、「デリバティブはミューチュアル・ファンド(=日本の投資信託に相当する)のリターンに影響を及ぼす：1998年金融危機からの証拠」というタイトルで、ミューチュアルファンドに関する詳細な貸借対照表情報というユニークなデータセットを用いて、デリバティブを用いるほとんどのミューチュアルファンドは、リターンへの識別可能な影響を殆ど与えていない非常に制限された範囲にまで、デリバティブを用いていると見出している。しかし、デリバティブを用いるグローバルなファンドと専門的な国内のエクイティ・ファンドをより広く利用する2タイプのファンドが存在している。これら2グループのファンドのリスクとリターンの特徴は、予備的にデリバティブを使用しているか、全く使用していないファンドであるかで、かなり異なる。ファンド・マネージャーは過去のリターンに反応して彼らのデリバティブの使用を調節する。1998年8月の金融危機時の証拠は、デリバティブ使用の効果が極端な値動きの間には最も顕著であるという仮説をサポートする。

投資ポートフォリオにデリバティブを含める性質と効果を探究するために、Cao, Ghysels and Hatheway (2011)は5年間300を超えるミューチュアルファンドについての詳細な貸借対照表情報を用いたが、Cao, Ghysels and Hatheway (2011)は、多くのファンドが非常に節約する形でデリバティブを使用することを発見するが故に、事後的なリターンにおいて大きな効果を期待できる理由はほとんどないとする。しかし、Morningstar社からのヒストリカル・リターンを用いれば、Cao, Ghysels and Hatheway (2011)はまた、資産との対比でデリバティブ・ポジションがトップ10位にあるファンドは、デリバティブを少なくあるいは全く使わないファンドとは、そのリターン・パフォーマンスにおいて有意な違いを示していることを発見している。

Coakley, Dollery and Kellard (2011)は、「商品先物市場におけるロングメモリーと構造的ブレイク」において、1990年-2009年における14の商品と3つの金融資産の日次データを用いて、先物・現物ベースと先渡し市場不偏性に対する持越し費用の時系列属性インパクトを探究している。主要な結果は、16の資産ベースが、①ロングメモリーと②構造ブレイクの両方を表していることである。ベースにおけるロングメモリーは、ブレイク調整されたデータ使用に対しても頑健である。それは、キャリー・コストがロングメモリーをもち、金利の代用として用いることを確認させることを示唆する。これらの新しい発見は、予測誤差がロングメモリーをもち、不偏性と一致しないこともまた示唆する。それらは断片的に統合し経時変化するリスクプレミアムがある市場効率のより弱いバージョン〈ウィーク・フォームの市場効率性〉とは矛盾しないだろうが、それらはまた完全に効率的な市場であるというアービトラージ限界を有するノイズトレーダーリスクによって価格設定されるものでもあろう。

まとめれば、商品先物市場の不偏性検証に関する標準的な共和分フレームワークの使用では、決定的でない結果を提供したにすぎない。矛盾する結果を調和させる可能な手段として、他の資産クラス上のいくつかの実証的研究は、断片的に統合したベーススを用いている。従って、Coakley, Dollery and Kellard (2011) は 1990 年-2009 年における 14 の商品と 3 つの金融資産のサンプルに関してベーススの統計性を探究した。Cao, Ghysels and Hatheway (2011) は最初に、一連のテスト手順を用いて、商品先物取引ベーススが断片的に統合され、構造上のブレイクが見せかけのロングメモリーを説明するかもしれないという仮説を検証する。

このようにして、Coakley, Dollery and Kellard (2011) は、先物ベーススがロングメモリーと構造上のブレイクの両方によって特徴付けられ、キャリア・コストがまたロングメモリーをもっていると結論づける。持続性に関する正確なソースはさらなる研究についてのトピックである。予測的観点から、Coakley, Dollery and Kellard (2011) の発見は善報と凶報の両方を示す。原則における持続性は、価格予測における改善をもたらすべきであるが、複数の構造上のブレイクは追加の挑戦を示す。

最後に、「VIX 先物市場」について触れよう。既述したように、Shu and Zhang (2012) の「VIX 先物市場における因果性」の中でのゴールは、VIX と VIX 先物価格間の明示的な因果関係を調査することであった。S&P500 種株価指数リターンボラティリティーを予測することにおけるインプライド・ボラティリティーの情報性の役割とポートフォリオ多様化目的のために VIX デリバティブを取引することにおける高まりつつある関心を考慮して、VIX と VIX 先物価格が互いに予測可能かどうか、そしてそれらは自身のヒストリカル・パターンによって予測可能であるかどうかの問題に対処することは重要である。

実証結果は 2 つの主要な発見を示唆する。第 1 に、完全なサンプル期間の間に、最も期近の VIX 先物価格と 2 番目に期近のものは、VIX 先物市場がある価格発見機能をもっていることを示しており、現物の VIX インデックスを先導する。第 2 に、VIX 先物価格から VIX への一方の因果関係は、推定方法とサンプリング期間を前提条件とすれば、不安定 (unstable) である。VIX 先物市場はある価格発見機能をもっているけれども、そのような予測パワーは不安定であり、将来の価格の変動を計測する際にはあまり有益ではないが、全体としては、VIX 先物市場が情報効率的であると結論づけるものである。

「VIX 先物」に関する他の研究としては、Zhu and Lian (2012) の「VIX 先物の分析公式とその適用」を挙げておきたい。Zhu and Lian (2012) は、資産価格とボラティリティー過程の両方における同期ジャンプを考慮する確率的ボラティリティーモデルに VIX 先物価格のクローズド・フォームの正確なソリューションを提示する。新しく導出された式は、有名な凸状修正漸近 (convexity correction approximations) が時々大きな過ちを引き起こすであろうことを示すために用いられる。新しく導き出された式を利用して、Zhu and Lian (2012) はまた実証研究も行っている。その結果は、Heston の確率的ボラティリティーモデルが VIX 先物価格の良き候補であることを証明する。ジャンプを原資産価格 (underlying price) に組み入れることはさらに VIX

先物の価格を改善させるが、ジャンプをボラティリティー過程に追加することは、VIX 先物価格決定にほとんど改善をもたらさないようである。

つまり、Zhu and Lian (2012) は、VIX 先物に関して、新しく見つかったクローズド・フォームの正確な解決策を示した。ここで分析された価格式はいくつかのユニークな特徴をもっている。第1に、この価格式は、S&P500 を説明するに、原資産およびボラティリティーのプロセスの両方にジャンプがあるかどうかにかかわらず、4つの異なる確率的ボラティリティーモデルをカバーする「傘」(umbrella) 的なソリューションである。第2に、この式は、それが真の被積分関数 (integrand) を有する1つの積分 (integral) を含むので、効率的に数値評価することができる。高いコンピュータ処理効率によって、コンピュータ処理時間は、モンテカルロシミュレーションに比べて VIX 先物契約の価格を計算することがずっと短くなり、モデルパラメータの決定は大いに促進された。最終的に、Zhu and Lian (2012) は、彼らの新しい式が、過去に導出された幾つかの式 (例えば SV: 確率的ボラティリティー) を特別なケースとして含むことも証明し、他の幾つかのケース (SVJ, SWJ, および SVJJ) に関する研究においてはクローズド・フォームの正確な解が入手できないというギャップを埋めた。

Ⅳ おわりに

本稿は、冒頭に示した通り、2011年から2014年に刊行の *The Journal of Futures Markets* 内の掲載論文を渉猟し、近時の「商品先物取引研究の潮流」の第3弾として、まとめてみた。しかし、その中身は (特に2010年代に入ってから印象として) 極めて難解、多くの分野に広がりすぎていて、筆者にとっては十分に理解するにも至らず、とても自身の考えをまとめ上げるなどできなかった。筆者の日頃の勉強不足と、自身の実力の無さを痛感せざるをえない。グローバルな商品先物取引研究は、そのレベルが極めて高いことを筆者も含めて、本稿を通じて、多くの日本の研究者に知ってもらえれば本望である。

参考文献

- Ahn, H.-J., Kang, J., and Ryu, D. (2008). Informed trading in the index option market: The case of KOSPI 200 options. *The Journal of Futures Markets*, 28, 1118-1146.
- Amihud, Y. (2002). Illiquidity and stock returns: Cross-section and time-series effects. *Journal of Financial Markets*, 5, 31-56.
- Amihud, Y., and Mendelson, H. (1986). Asset pricing and the bid-ask spread. *Journal of Financial Economics*, 17, 223-249.
- Aulerich, Nicole M., Raymond P. H. Fishe, and Jeffrey H. Harris (2011) "Why Do Expiring Futures and Cash Prices Diverge for Grain Markets?," *The Journal of Futures Markets*, Vol.31, No.6, 503-533.
- Badrinath, S. G., and Wahal, S. (2002). Momentum trading by institutions. *Journal of Finance*, 57, 2449-

- 2478.
- Baek, E., and Brock, W. (1992). A general test for nonlinear Granger causality: Bivariate model (working paper). Madison, WI: Iowa State University, University of Wisconsin.
- Baele, L. (2005). Volatility spillover effects in European equity markets: Evidence from a regime switching model. *Journal of Financial and Quantitative Analysis*, 40, 373-401.
- Baillie, R. T., and Myers, R. J. (1991). Bivariate GARCH estimation of the optimal commodity futures hedge. *Journal of Applied Econometrics*, 6, 109-124.
- Barber, B. M., and Odean, T. (2008). All that glitters: The effect of attention and news on the buying behavior of individual and institutional investors. *Review of Financial Studies*, 21, 785-818.
- Barber, B. M., Lee, Y., Liu, Y., and Odean, T. (2009). Just how much do individual investors lose by trading? *Review of Financial Studies*, 22, 609-632.
- Bekaert, G., and Harvey, C. R. (1997). Emerging equity market volatility. *Journal of Financial Economics*, 43, 29-77.
- Bekaert, G., Harvey, C. R., and Lumsdaine, R. L. (2002). Dating the integration of world equity markets. *Journal of Financial Economics*, 65, 203-247.
- Bikhchandani, S., Hirshleifer, D., and Welch, I. (1992). A theory of fads, fashion, custom, and cultural change as informational cascades. *Journal of Political Economy*, 100, 992-1026.
- Boehmer, E., and Kelley, E. K. (2009). Institutional investors and the informational efficiency of prices. *Review of Financial Studies*, 22, 3563-3594.
- Boehmer, E., Jones, C. M., and Zhang, X. (2008). Which shorts are informed? *Journal of Finance*, 63, 491-527.
- Bohl, M. T., Salm, C., and Schuppli, M. (2011). Price discovery and investor structure in stock index futures. *The Journal of Futures Markets*, forthcoming.
- Bohl, Martin T., Christian A. Salm, and Bernd Wilfling (2011) "Do Individual Index Futures Investors Destabilize the Underlying Spot Market?" *The Journal of Futures Markets*, Vol.31, No.1, 81-101.
- Bohl, Martin T., Christian A. Salm and Michael Schuppli (2011) "Price Discovery and Investor Structure in Stock Index Futures," *The Journal of Futures Markets*, Vol.31, No.3, 282-306.
- Booth, G. G., So, R. W., and Tse, Y. (1999). Price discovery in the German equity index derivatives markets. *The Journal of Futures Markets*, 19, 619-643.
- Brennan, M. J. (1958). The supply of storage. *American Economic Review*, 48, 50-72.
- Brennan, M. J., and Subrahmanyam, A. (1996). Market microstructure and asset pricing: On the compensation for illiquidity in stock returns. *Journal of Financial Economics*, 41, 441-464.
- Brenner, M., Ou, E. Y., and Zhang, J. E. (2006). Hedging volatility risk. *Journal of Banking and Finance*, 30, 811-821.
- Brenner, R. J., and Kronner, K. F. (1995). Arbitrage, cointegration, and testing the unbiasedness hypothesis in financial markets. *Journal of Financial and Quantitative Analysis*, 30, 23-42.
- Brooks, C., Rew, A. G., and Ritson, S. (2001). A trading strategy based on the lead-lag relationship between the spot index and futures contract for the FTSE 100. *International Journal of Forecasting*, 17, 31-44.
- Cao, Charles, Eric Ghysels, and Frank Hatheway (2011) "Derivatives Do Affect Mutual Fund Returns: Evidence from the Financial Crisis of 1998," *The Journal of Futures Markets*, Vol.31, No.7, 629-658.
- Carr, P., and Wu, L.-R. (2006). A tale of two indices. *Journal of Derivatives*, 13, 13-29.
- Cecchetti, S. G., Cumby, R. E., and Figlewski, S. (1988). Estimation of the optimal futures hedge.

- Review of Economics and Statistics*, 70, 623-630.
- Chakravarty, S. (2001). Stealth-trading: Which traders' trades move stock prices. *Journal of Financial Economics*, 61, 289-307.
- Chan, S. H., Leung, W., and Wang, K. (2004). The impact of institutional investors on the Monday seasonal. *Journal of Business*, 77, 967-986.
- Chen, Chao-Chun and Wen-Jen Tsay (2011) "A Markov Regime-Switching ARMA Approach for Hedging Stock Indices," *The Journal of Futures Markets*, Vol.31, No.2, 165-191.
- Chou, R. K., and Chung, H. (2006). Decimalization, trading costs, and information transmission between ETFs and index futures. *The Journal of Futures Markets*, 26, 131-151.
- Chow, Y. F. (2001). Arbitrage, risk premium and cointegration tests of the efficiency of futures markets. *Journal of Business Finance and Accounting*, 28, 693-713.
- Christensen, B. J., and Prabhala, N. R. (1998). The relation between implied and realized volatility. *Journal of Financial Economics*, 50, 125-150.
- Christiansen, C. (2007). Volatility-spillover effects in European bond markets. *European Financial Management*, 13, 923-948.
- Coakley, Jerry, Jian Dollery and Neil Kellard (2011) "Long Memory and Structural Breaks in Commodity Futures Markets," *The Journal of Futures Markets*, Vol.31, No.11, 1076-1113.
- Cohen, R. B., Gompers, P.A., and Vuolteenaho, T. (2002). Who underreacts to cash flow news? Evidence from trading between individuals and institutions. *Journal of Financial Economics*, 66, 409-462.
- Corrado, C. J., and Miller, T. W. (2005). The forecast quality of CBOE implied volatility indexes. *The Journal of Futures Markets*, 25, 339-373.
- Covrig, V., Ding, D. K., and Low, B. S. (2004). The contribution of a satellite market to price discovery: Evidence from the Singapore exchange. *The Journal of Futures Markets*, 24, 981-1004.
- Crowder, W. J., and Hamed, A. (1993). A cointegration test for oil futures market efficiency. *The Journal of Futures Markets*, 13, 933-941.
- Daigler, R. T., and Rossi, L. (2006). A portfolio of stocks and volatility. *Journal of Investing*, Summer, 99-106.
- Davidson, J. E. H., Hendry, D. F., Srba, F., and Yeo, S. (1978). Econometric modelling of the aggregate time-series relationship between consumers' expenditure and income in the United Kingdom. *Economic Journal*, 88, 661-692.
- De Long, J. B., Shleifer, A., Summers, L. H., and Waldmann, R. J. (1990). Positive feedback investment strategies and destabilizing rational speculation. *Journal of Finance*, 45, 379-395.
- DeMarzo, P. M., Fishman, M. J., and Hagerty, K. M. (2007). Reputations, investigations, and self-regulation. Mimeo, Stanford and Northwestern Universities, September.
- Dhar, R., and Zhu, N. (2006). Up close and personal: Investor sophistication and the disposition effect. *Management Science*, 52, 726-740.
- Dorfman, Jeffrey II. and Berna Karali (2014) "The Pattern of Price Linkages among Commodities," *The Journal of Futures Markets*, Vol.34, No.11, 1062-1076.
- Duan, J.-C., and Pliska, S. R. (2004). Option valuation with cointegrated asset prices. *Journal of Economic Dynamics and Control*, 28, 727-754.
- Dupoyet, B., Daigler, R. T., and Chen, Z.-Y. (2011). A simplified pricing model for volatility futures. *The Journal of Futures Markets*, forthcoming.

- Dwyer, G. P., Locke, P., and Yu, W. (1996). Index arbitrage and nonlinear dynamics between the S&P 500 futures and cash. *Review of Financial Studies*, 9, 301-332.
- Ederington, L. H. (1979). The hedging performance of the new futures markets. *Journal of Finance*, 34, 157-170.
- Fama, E. (1970). Efficient capital markets: A review of theory and empirical work. *The Journal of Finance*, 25, 383-417.
- Figlewski, S. (1984). Hedging performance and basis risk in stock index futures. *Journal of Finance*, 39, 657-669.
- Fischel, D. R., and Grossman, S. J. (1984). Customer protection in futures and securities markets. *The Journal of Futures Markets*, 4, 273-302.
- Frazzini, A., and Lamont, O. A. (2008). Dumb money: Mutual fund flows and the cross-section of stock returns. *Journal of Financial Economics*, 88, 299-322.
- Frino, Alex, Robert I. Webb, and Hui Zheng (2012) "Does International Order Flow Contribute to Price Discovery in Futures Markets?" *The Journal of Futures Markets*, Vol.32, No.12, 1124-1143.
- Frino, Alex, Vito Mollica and Zeyang Zhou (2014) "Commonality in Liquidity Across International Borders: Evidence from Futures Markets," *The Journal of Futures Markets*, Vol.34, No.8, 807-818.
- Gagnon, L., and Lypny, G. (1995). Hedging short-term interest risk under time-varying distributions. *The Journal of Futures Markets*, 15, 767-783.
- Gaul, J., and Theissen, E. (2008). A partially linear approach to modelling the dynamics of spot and futures prices. CFS Working Paper, Center for Financial Studies.
- Gay, G., and Manaster, S. (1984a). Futures contracts with multiple varieties: An analysis of premiums and discounts. *Journal of Business*, 56, 249-272.
- Gay, G., and Manaster, S. (1984b). The quality option implicit in futures contracts. *Journal of Financial Economics*, 13, 353-370.
- Gibson, R., and Schwartz, E. S. (1990). Stochastic convenience yield and the pricing of oil contingent claims. *Journal of Finance*, 45, 959-976.
- Gibson, R., and Schwartz, E. S. (1993). The pricing of crude oil futures options contracts. In D. M. Chance and R. R. Trippi (Eds.), *Advances in futures and options research*, vol.6 (pp.291-311). Greenwich, Connecticut: JAI Press.
- Gompers, P. A., and Metrick, A. (2001). Institutional investors and equity prices. *Quarterly Journal of Economics*, 116, 229-259.
- Grinblatt, M., and Keloharju, M. (2000). The investment behavior and performance of various investor types: A study of Finland's unique data set. *Journal of Financial Economics*, 55, 43-67.
- Gulen, S. G. (1998). Efficiency in the crude oil futures market. *Journal of Energy Finance and Development*, 3, 13-21.
- Guo, Lin and Lu Liu (2014) "The Volatility Behavior and Dependence Structure of Commodity Futures and Stocks," *The Journal of Futures Markets*, Vol.34, No.1, 93-101.
- Hasan, I., Malkamaki, M., and Schmiedel, H. (2003). Technology, automation, and productivity of stock exchanges: International evidence. *Journal of Banking and Finance*, 27, 1743-1773.
- Hasbrouck, J. (2003). Intraday price formation in U.S. equity index markets. *Journal of Finance*, 58, 2375-2399.
- Heston, S. (1993). A closed-form solution for options with stochastic volatility with applications to bond and currency options. *Review of Financial Studies*, 6, 327-343.

- Hiemstra, C., and Jones, J. D. (1994). Testing for linear and non-linear Granger causality in the stock price-volume relation. *Journal of Finance*, 49, 1639-1664.
- Hranaiova, J., Jarrow, R., and Tomek, W. G. (2002). Estimating the value of delivery options in futures contracts. *Journal of Financial Research*, 28, 363-383.
- Hvidkjaer, S. (2008). Small trades and the cross-section of stock returns. *Review of Financial Studies*, 21, 1123-1151.
- Iihara, Y., Kato, K., and Tokunaga, T. (1996). Intraday return dynamics between the cash and the futures markets in Japan. *The Journal of Futures Markets*, 16, 147-162.
- Irwin, S. H., Garcia, P., Good, D. L., and Kunda, E. L. (2009). Poor convergence performance of CBOT corn, soybean and wheat futures contracts: Cause and solutions. Marketing and Outlook Research Report 2009-02, Department of Agricultural and Consumer Economics, University of Illinois at Urbana-Champaign, March.
- Jacoby, G., Fowler, D., and Gottesman, A. (2000). The capital asset pricing model and the liquidity effect: A theoretical approach. *Journal of Financial Markets*, 3, 69-81.
- Kaldor, N. (1939). Speculation and economic stability. *Review of Economic Studies*, 7, 1-27.
- Karmel, R. S. (2002). Turning seats into shares: Implications of demutualization for the regulation of stock exchanges. *Hastings Law Journal*, 53, 367-430.
- Kavussanos, M., and Nomikos, N. (2000). Hedging in the freight futures market. *Journal of Derivatives*, 8, 41-58.
- Kawamoto, K. and Hamori S. (2011) "Market Efficiency among Futures with Different Maturities: Evidence from the Crude Oil Futures Market," *The Journal of Futures Markets*, Vol.31, No.5, 487-501.
- Kim, K. A., and Nofsinger, J. R. (2007). The behavior of Japanese individual investors during bull and bear markets. *Journal of Behavioral Finance*, 8, 1-16.
- Konstantinidi, E., and Skiadopoulos, G. (2011). Are VIX futures prices predictable? An empirical investigation. *International Journal of Forecasting*, forthcoming.
- Konstantinidi, E., Skiadopoulos, G., and Tzagkaraki, E. (2008). Can the evolution of implied volatility be forecasted? Evidence from European and US implied volatility indices. *Journal of Banking and Finance*, 32, 2401-2411.
- Koutmos, G., and Tucker, M. (1996). Temporal relationships and dynamic interactions between spot and futures stock markets. *The Journal of Futures Markets*, 16, 55-69.
- Kroner, K., and Sultan, J. (1993). Time-varying distributions and dynamic hedging with foreign currency futures. *Journal of Financial and Quantitative Analysis*, 28, 535-551.
- Kung, J. J., and Carverhill, A. P. (2005). A cointegration study of the efficiency of the US Treasury STRIPS market. *Applied Economics*, 37, 695-703.
- Lakonishok, J., and Maberly, E. (1990). The weekend effect: Trading patterns of individual and institutional investors. *Journal of Finance*, 45, 231-243.
- Li, Jinliang (2011) "Cash Trading and Index Futures Price Volatility," *The Journal of Futures Markets*, Vol.31, No.5, 465-486.
- Lin, Y.-N. (2007). Pricing VIX futures: Evidence from integrated physical and risk- neutral probability measures. *The Journal of Futures Markets*, 27, 1175-1217.
- Macey, J. R., and O'Hara, M. (2005). From markets to venues: Securities regulation in an evolving world. *Stanford Law Review*, 58, 563-599.

- Maslyuk, S., and Smith, R. (2009). Cointegration between oil spot and futures prices of the same and different grades in the presence of structural change. *Energy Policy*, 37, 1687-1693.
- Monoyios, M., and Sarno, L. (2002). Mean reversion in stock index futures markets: A nonlinear analysis. *The Journal of Futures Markets*, 22, 285-314.
- Moosa, A. I., and Al-Loughani, E. (1994). Unbiasedness and time varying risk premia in the crude oil futures market. *Energy Economics*, 16, 99-105.
- Moschini, G., and Myers, R. J. (2002). Testing for constant hedge ratios in commodity markets: A multivariate GARCH approach. *Journal of Empirical Finance*, 9, 589-603.
- Myers, R. J. (1991). Estimating time-varying optimal hedge ratios on futures markets. *The Journal of Futures Markets*, 11, 39-53.
- Nakajima, K. and Ohashi K. (2012) "A Cointegrated Commodity Pricing Model," *The Journal of Futures Markets*, Vol.31, No.11, 995-1033.
- Ng, A. (2000). Volatility spillover effects from Japan and the US to the Pacific-Basin. *Journal of International Money and Finance*, 19, 207-233.
- Nofsinger, J. R., and Sias, R. W. (1999). Herding and feedback trading by institutional and individual investors. *Journal of Finance*, 54, 2263-2295.
- Odean, T. (1998). Are investors reluctant to realize their losses? *Journal of Finance*, 53, 1775-1798.
- Park, T., and Switzer, L. (1995). Bivariate GARCH estimation of the optimal hedge ratios for stock index futures: A note. *The Journal of Futures Markets*, 15, 61-67.
- Pastor, L., and Stambaugh, R. F. (2003). Liquidity risk and expected stock returns. *Journal of Political Economy*, 111, 642-685.
- Paya, Ivan and David A. Peel (2011) "Systematic Sampling of Nonlinear Models: Evidence on Speed of Adjustment in Index Futures Markets," *The Journal of Futures Markets*, Vol.31, No.2, 192-203.
- Peroni, E., and McNown, R. (1998). Noninformative and informative tests of efficiency in three energy futures markets. *The Journal of Futures Markets*, 18, 939-964.
- Phalippou, L. (2008). Where is the value premium? *Financial Analysts Journal*, 64, 41-48.
- Pirrong, C. (2000). A theory of financial exchange organization. *Journal of Law and Economics*, 43, 437-471.
- Pirrong, S. C., Kormendi, R., and Meguire, P. (1994). Multiple delivery points, pricing dynamics, and hedging effectiveness in futures markets for spatial commodities. *The Journal of Futures Markets*, 14, 545-573.
- Pizzi, M. A., Economopoulos, A. J., and O'Neill, H. (1998). An examination of the relationship between stock index cash and futures markets: A cointegration approach. *The Journal of Futures Markets*, 18, 297-305.
- Reiffen, David and Michel Robe (2011) "Demutualization and Customer Protection at Self-regulatory Financial Exchanges," *The Journal of Futures Markets*, Vol.31, No.2, 126-164.
- Rothig, Andreas and Carl Chiarella (2011) "Small Traders in Currency Futures Markets," *The Journal of Futures Markets*, Vol.31, No.9, 898-913.
- Sarno, L., and Valente, G. (2000). The cost of carry model and regime shifts in stock index futures markets: An empirical investigation. *The Journal of Futures Markets*, 20, 603-624.
- Seasholes, M.S., and Wu, G. (2007). Predictable behavior, profits, and attention. *Journal of Empirical Finance*, 78, 277-309.
- Sheu, H-J., and Lee H-T. (2014) "Optimal Futures Hedging under Multichain Markov Regime

- Switching,” *The Journal of Futures Markets*, Vol.34, No.2, 173-202.
- Shleifer, A., and Summers, L. H. (1990). The noise trader approach to finance. *The Journal of Economic Perspectives*, 4, 19-33.
- Shu, Jinghong and Jin E. Zhang (2012) “Causality in the VIX Futures Market,” *The Journal of Futures Markets*, Vol.32, No.1, 24-46.
- Sias, R. (2004). Institutional herding. *Review of Financial Studies*, 17, 165-206.
- Silvapulle, P., and Moosa, I.A. (1999). The relationship between spot and futures prices: Evidence from the crude oil market. *Journal of Futures Markets*, 19(2), 175-193.
- Steil, B. (2002). Changes in the ownership and governance of securities exchanges: Causes and consequences. *Brookings-Wharton Papers on Financial Services*, 2002, 61-82.
- Stoll, H. R., and Whaley, R. E. (1990). Volatility and futures: Message versus messenger. *Journal of Portfolio Management*, 14, 20-22.
- Stoll, R. H., and Whaley, R. E. (1990). The dynamics of stock index and stock index futures returns. *Journal of Financial and Quantitative Analysis*, 25, 441-468.
- Switzer, N. L., and El-Khoury, M. (2007). Extreme volatility, speculative efficiency, and the hedging effectiveness of the oil futures markets. *The Journal of Futures Markets*, 27, 61-84.
- Szabo, E. (2009). VIX futures and options-A case study of portfolio diversification during the 2008 financial crisis (working paper). Amherst, MA: University of Massachusetts.
- Taylor, N., van Dijk, D., Franses, P. H., and Lucas, A. (2000). SETS, arbitrage activity, and stock price dynamics. *Journal of Banking and Finance*, 24, 1289-1306.
- Telser, L. G. (1958). Futures trading and the storage of cotton and wheat. *Journal of Political Economy*, 66, 233-255.
- Trolle, A. B., and Schwartz, E. S. (2009). Unspanned stochastic volatility and the pricing of commodity derivatives. *Review of Financial Studies*, 22, 4423-4461.
- Tse, Y. K. (1999). Price discovery and volatility spillovers in the DJIA index and futures markets. *Journal of Futures Markets*, 19, 911-930.
- Tyner, W. E. (2008). The US ethanol and biofuels boom: Its origins, current status, and future prospects. *BioScience*, 58, 646-653.
- Volmer, Thomas (2011) “A Robust Model of the Convenience Yield in the Natural Gas Market,” *The Journal of Futures Markets*, Vol.31, No.11, 1011-1051.
- Wahab, M., and Lashgari, M. (1993). Price dynamics and error correction in stock index and futures markets: A cointegration approach. *Journal of Futures Markets*, 13, 711-742.
- Whaley, R. E. (2000). The investor fear gauge. *Journal of Portfolio management*, 26, 12-17.
- Whaley, R. E. (2009). Understanding the VIX. *Journal of Portfolio Management*, 35, 98-105.
- Working, H. (1948). Theory of the inverse carrying charge in futures markets. *Journal of Farm Economics*, 30(1), 1-28.
- Working, H. (1949). The theory of the price of storage. *American Economic Review*, 39, 1254-1262.
- Working, H. (1953). Hedging reconsidered. *Journal of Farm Economics*, 35, 544-561.
- Wu, Feng, Zhengfei Guan and Robert J. Myers (2011) “Volatility Spillover Effects and Cross Hedging in Corn and Crude Oil Futures,” *The Journal of Futures Markets*, Vol.31, No.11, 1052-1075.
- Zhang, J. E., and Huang, Y.-Q. (2010). The CBOE S&P500 three-month variance futures. *Journal of Futures Markets*, 30, 48-70.
- Zhang, J. E., and Zhu, Y.-Z. (2006). VIX Futures. *Journal of Futures Markets*, 26, 521-531.

- Zhang, J. E., Shu, J.-H., and Brenner, M. (2010). The new market for volatility trading. *Journal of Futures Markets*, 30, 809-833.
- Zhu, Song-Ping and Guang-Hua Lian (2012) "An Analytical Formula for VIX Futures and its Applications," *The Journal of Futures Markets*, Vol.32, No.2, 166-190.
- Zhu, Y.-Z., and Zhang, J. E. (2007). Variance term structure and VIX futures pricing. *International Journal of Theoretical and Applied Finance*, 10, 111-127.
- Zulauf, C., and Roberts, M. (2008). Price variability: Corn, soybeans, wheat, 1989-2007. Unpublished economic report, The Ohio State University, Columbus, Ohio.